



Conception & validation d'une assistance numerique domiciliaire pour la personne âgée en perte d'autonomie

Lucile Dupuy

► To cite this version:

Lucile Dupuy. Conception & validation d'une assistance numerique domiciliaire pour la personne âgée en perte d'autonomie. Psychologie. Université de Bordeaux, 2016. Français. NNT : . tel-01412745

HAL Id: tel-01412745

<https://inria.hal.science/tel-01412745>

Submitted on 8 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE BORDEAUX
ECOLE DOCTORALE SOCIÉTÉ, POLITIQUE, ET SANTÉ PUBLIQUE

CONCEPTION & VALIDATION D'UNE ASSISTANCE NUMÉRIQUE DOMICILIAIRE POUR LA PERSONNE ÂGÉE EN PERTE D'AUTONOMIE

Spécialité : Sciences Cognitives
Discipline : Sciences Cognitives & Ergonomie

présentée à l'Institut de Recherche Inria Bordeaux-Sud-Ouest pour
obtenir le grade de Docteur de l'Université de Bordeaux
défendue le 30 novembre 2016

par

Lucile Dupuy

Co-Directeurs Prof. Hélène Sauzéon,
Prof. Charles Consel,

Université de Bordeaux/Inria Bordeaux
Inria Bordeaux/Bordeaux INP

Jury Vincent Rialle,
Prof. Hélène Amiéva,
Prof. Sylvie Belleville,
Prof. Jean-Claude Marquié,

Université Joseph Fourier - Grenoble I, *Rapporteur*
Université de Bordeaux/ISPED, *Examineur*
CRIUGM, Université de Montreal, *Examineur*
Université Jean Jaures - Toulouse II, *Rapporteur*

RÉSUMÉ

Avec le vieillissement de la population, le maintien à domicile des personnes âgées est devenu un enjeu majeur pour les pays développés et émergents. Parmi les solutions clés à explorer, les gérontechnologies sont considérées comme des plus prometteuses sans toutefois avoir apporté la preuve de leur efficacité pour l'autonomie domiciliaire, voire même être utilisables et acceptables pour le public visé.

Dans ce contexte, une méthodologie de conception centrée-utilisateur a été mise en place pour proposer une plateforme d'assistance domiciliaire multi-tâches et multi-domaines (soutenant à la fois les activités quotidiennes, la sécurité de la personne et de son domicile et le lien social) ciblant un public âgé fragile en perte d'autonomie. Cette plateforme est appelée *DomAssist*.

Sur la base d'une analyse des capacités physiques, cognitives et fonctionnelles en présence (étude 1) et des besoins d'assistance (étude 2) de notre échantillon d'étude, DomAssist a été conçu avec pour originalité une offre de services multi-domaines. En effet, la plateforme s'appuie d'une part sur un système de surveillance d'activités pour délivrer des assistances dites « *context-aware* » (étude 3) et d'autre part sur un système d'interaction homme-machine unifié et simplifié (étude 4), et ceci tout en promouvant l'auto-détermination (étude 5). Les résultats ont étayé la fiabilité du système de surveillance d'activités, et renforcé le bien-fondé de nos principes de conception concernant le système unifié d'interaction; et le soutien de l'auto-détermination. Notamment un rendu positif concernant l'utilisabilité et l'acceptabilité du système, et un effet bénéfique sur le sentiment de l'auto-détermination des utilisateurs âgés ont été obtenus. De là, une dernière étude (étude 6) a évalué les bénéfices apportés après 6 mois d'utilisation de la plateforme, en termes de capacités fonctionnelles des participants fragiles, et de réduction du fardeau de l'aidant. Un effet positif (effet « protecteur » observé par les aidants professionnels) de DomAssist sur le statut fonctionnel des participants équipés (comparé aux contrôles) a été observé ainsi qu'une réduction du fardeau objectif de leur aidant.

Au total, les résultats de ce travail pilote sont encourageants et ouvrent de nombreuses perspectives de recherche à fort potentiel d'impact sociétal concernant la problématique du maintien à domicile des personnes âgées.

Mots clefs : *Vieillissement, maintien à domicile, technologie d'assistance, AAD, conception centrée-utilisateur, utilisabilité, acceptabilité, efficacité*

ABSTRACT

With the increase of life expectancy, aging in place is today a major concern for developed and emerging countries. Among the key solutions to explore, gerontechnologies are seen as the most promising. However, their evidence-based efficacy remains to be demonstrated for independent living or even for their usability and acceptance by the targeted old users.

In this context, a user-centered conception methodology has been implemented for designing a multi-task and multi-domain (supporting everyday activities, safety, and social participation) assisted living platform targeting frail older adults with functional decline. This platform is named *HomeAssist*.

Based on an analysis of physical, cognitive and functional abilities (study 1) and assistive technology needs (study 2) of our sample, HomeAssist has been designed with the originality of providing multi-domain services. Indeed, HomeAssist proposes an activity monitoring system to provide context-aware assistance (study 3), and a unified human-computer interaction system (study 4); while promoting self-determination (study 5). Results underpinned the reliability of our activity monitoring system, and reinforced the rationale of our design principles, concerning the unified interaction system and the self-determination support. Notably, positive outcomes in terms of usability and acceptance of the system, as well as benefits concerning users' feeling of self-determination have been obtained. From this, a last study (study 6) evaluated the benefits from a six-month use of HomeAssist, on functional abilities of frail older adults and caregiver burden. A positive effect of HomeAssist on functional status was obtained ("protective" effect reported by the professional caregivers), as well as a reduction of objective dimension of caregiver burden.

Taken together, the results from these pilot studies are encouraging and open numerous research perspectives with high societal impact concerning the promotion of aging in place.

Keywords: *aging, aging in place, gerontechnologies, assisted living technologies, user-centered design, usability, technology acceptance, efficacy*

PUBLICATIONS

Articles de conférences avec comité de lecture :

Lucile Dupuy, Hélène Sauzéon, Charles Consel. (2015). Perceived Needs for Assistive Technologies in older adults and their caregivers. *ACM WomENCourage 15'*, 24-25 Sep 2015, Uppsala, Sweden.

Charles Consel, **Lucile Dupuy**, Hélène Sauzéon. (2015). A Unifying Notification System To Scale Up Assistive Services. *The 17th International ACM Conference on Computers & Accessibility*, Oct 2015, Lisbon, Portugal.

Loïc Caroux, Charles Consel, **Lucile Dupuy**, Hélène Sauzéon. (2014) Verification of Daily Activities of Older Adults: A Simple, Non-Intrusive, Low-Cost Approach. *The 16th International ACM Conference on Computers & Accessibility*, Oct 2014, Rochester, NY, United States.

Lucile Dupuy, Loïc Caroux, Charles Consel, Hélène Sauzéon. Designing an accessible and engaging email application for aging in place. Soumis à *International Journal of Computer Studies*.

Articles de journaux avec comité de lecture:

Maxime Lussier, **Lucile Dupuy**, Charles Consel, Hélène Sauzéon. (2016). Daily routine monitoring on older adults through a lightweight sensor, non-intrusive infrastructure. *Alzheimer's & Dementia*, 12(7), 793-794

Lucile Dupuy, Charles Consel, Hélène Sauzéon. (2016). Self Determination-Based Design To Achieve Acceptance of Assisted Living Technologies For Older Adults. *Computers in Human Behavior*, 65, 508-521

Lucile Dupuy, Charles Consel, Bernard N'Kaoua, Patrick Dehail, Hélène Sauzéon. Role of cognitive functioning on everyday functioning among oldest old physically frail. Soumis à *Psychologie française*.

Loïc Caroux, Charles Consel, **Lucile Dupuy**, Hélène Sauzéon. Towards Context-Aware Assistive Applications for Aging in Place via Ecological-Proof Activity Detection. Soumis à *Gerontology*.

Lucile Dupuy, Charlotte Froger, Charles Consel, Hélène Sauzéon. Evaluation of everyday functioning benefits from a long-term use of an assisted living platform for aging in place: a pilot field study amongst frail community dwelling older adults and their caregivers. Soumis à *Journal of Gerontology - series B*.

Communications orales dans un congrès avec comité de lecture:

Lucile Dupuy, Hélène Sauzéon, Charles Consel. (2015). Besoins d'assistance technologique par des personnes âgées et leurs aidants. *Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives*, Jun 2015, Compiègne, France.

Lucile Dupuy, Hélène Sauzéon, Charles Consel. (2015). Besoins d'assistance technologique par des personnes âgées et leurs aidants. *Workshop ACCEPT*, Jun 2015, Montpellier, France.

Lucile Dupuy, Charles Consel, Bernard N'Kaoua, Patrick Dehail, Hélène Sauzéon. (2014). Role of cognitive functioning on everyday functioning among oldest old physically frail. *Journées d'Etudes du Vieillissement cognitif*, Sept 2014, Caen, France.

Autres publications:

Lucile Dupuy, Charles Consel, Hélène Sauzéon. (2016). Une assistance numérique pour les personnes âgées: le projet DomAssist. *Publié dans Interstices*, revue de culture scientifique en ligne.

Lucile Dupuy, Charles Consel, Hélène Sauzéon. Projet DomAssist. (2015). Article diffusé dans la dépêche électronique de la délégation ministérielle à l'accessibilité.

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je voudrais adresser un grand merci aux membres de mon jury pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Ensuite, mes remerciements vont bien sûr à mes deux co-directeurs de thèse, Hélène Sauzéon et Charles Consel. Merci d'avoir encadré ce travail, chacun avec votre expertise, de m'avoir soutenue quand il le fallait, et de m'avoir laissée prendre mon envol au moment voulu. Hélène, merci de m'avoir consacré certaines de tes nuits et de tes week-end dans les périodes de rush !

Merci également aux différents professionnels de l'aide à domicile, à Bruges, Camblanes, et Captieux-Grignols, pour leur aide précieuse, et à "mes p'tits vieux", sans qui tout ce travail de terrain n'aurait pas pu être mené à bien dans d'aussi bonnes conditions !

Evidemment, un énorme merci à tous mes collègues-copains de la grande équipe Phoenix: Charlotte, Julien, Ludo, Quentin, Pauline, Maëlle, Amandine, Charles, Thomas, Cécile, Adrien, Alexandre ; et Milan qui m'a supportée pendant 3 ans ...

Vous avez tous été à la fois précieux pour mener à bien le projet DomAssist (ou autres), mais vous avez surtout été là pour me faire rire, me remonter le moral, m'encourager, m'avoir permis de décompresser ... Ma thèse n'aurait pas été la même sans vous ; Phoenix rocks !!

Merci à Cam pour avoir toujours été là, et à mes amis de Binouze et de la Troupe, qui sont trop nombreux pour que je les cite un par un !

Enfin, un grand merci à ma famille, qui a toujours été là pour me soutenir ; et à mon amoureux.

TABLE DES MATIÈRES

Table des matières	ix
1 Introduction	1
2 Vieillissement normal & maintien à domicile	4
2.1 Le vieillissement normal	5
2.1.1 Vieillissement neurologique	5
2.1.2 Vieillissement sensori-moteur	6
2.1.3 Statut psycho-relationnel dans le vieillissement normal	7
2.1.4 Statut cognitif dans le vieillissement normal	7
2.1.5 Compensation des pertes liées à l'âge	8
2.2 Vieillissement normal & fonctionnement quotidien	10
2.2.1 Les Activités de Vie Quotidienne	10
2.2.2 Qualité de vie et bien-être	11
2.2.3 Mesures du fonctionnement quotidien	12
2.2.4 Divergences entre différentes mesures du statut fonctionnel des personnes âgées	15
2.2.5 Impact de la perte d'autonomie sur les aidants	16
2.3 Déterminants du fonctionnement quotidien	17
2.3.1 Les aptitudes cognitives	17
2.3.2 Les aptitudes sensori-motrices	18
2.3.3 L'auto-détermination	18
3 Les gérontechnologies	21
3.1 Outils de classification	23
3.1.1 Outils de classification des gérontechnologies	23
3.1.2 Les technologies ambiantes d'assistance domiciliaire	28
3.2 Etat de l'art sur les technologies ambiantes d'assistance domiciliaire	30
3.2.1 Technologies de soutien aux activités quotidiennes	31
3.2.2 Technologies de soutien à la sécurité	32
3.2.3 Technologies de soutien à la participation sociale et aux loisirs	32
3.2.4 Les logements intelligents	34

TABLE DES MATIÈRES

3.3	Limites des assistances ambiantes domiciliaires existantes	43
4	Conception centrée-utilisateur & acceptabilité des technologies d'assistance	45
4.1	Modèles et méthodes de conception centrée-utilisateurs	46
4.1.1	Le modèle environnemental de compensation (Morrow & Rogers, 2008)	47
4.1.2	Modèle de conception pour un vieillissement réussi (Lindenberger <i>et al.</i> 2008)	48
4.1.3	Techniques de conception participative	50
4.1.4	Modèle de Conception des technologies d'assistance pour les âgés .	52
4.2	Les modèles d'acceptabilité	54
4.2.1	Premiers modèles d'acceptabilité des technologies	54
4.2.2	Modèles d'acceptabilité des technologies pour la population âgée . .	59
5	Modèle d'analyse : Synthèse, démarche adoptée et objectifs	65
5.1	Synthèse des assises théoriques	66
5.2	Démarche adoptée et objectifs	68
5.2.1	Analyse des besoins	68
5.2.2	Conception, utilisabilité et acceptabilité d'une assistance ambiante domiciliaire	70
5.2.3	Validation : Efficacité pour le maintien à domicile	71
5.3	Méthodologie	72
5.3.1	Participants	72
5.3.2	Protocole expérimental	73
6	Evaluation du besoin en technologie d'assistance	76
6.1	Rôle du fonctionnement cognitif sur le fonctionnement quotidien de personnes âgées fragiles	78
6.1.1	Background	79
6.1.2	Methods	81
6.1.3	Results	85
6.1.4	Discussion	87
6.2	Analyse des besoins en technologie d'assistance	90
6.2.1	Introduction	90
6.2.2	Methodology	92
6.2.3	Results	94
6.2.4	Discussion	96
6.2.5	Conclusions and perspectives	97
7	Conception d'une technologie ambiante d'assistance domiciliaire	99
7.1	Vérification de la réalisation d'activités des âgés	103
7.1.1	Introduction	103

TABLE DES MATIÈRES

7.1.2	Related work	104
7.1.3	Methodology	106
7.1.4	Description of the Experiment	109
7.1.5	Data Collected	110
7.1.6	Data Analysis	111
7.1.7	Discussion	116
7.1.8	Conclusions	118
7.2	Un système de notification unifié pour passer à l'échelle les technologies d'assistance	119
7.2.1	Introduction	120
7.2.2	Related work	121
7.2.3	A Unifying Framework for Notifications	122
7.2.4	Description of the Field Study	131
7.2.5	Analysis	135
7.2.6	Discussion	139
7.2.7	Conclusions	141
7.3	Conception d'une AAD basée sur la théorie de l'auto-détermination	142
7.3.1	Introduction	142
7.3.2	Related Work	144
7.3.3	Application of SDT Dimensions : The SDT-Assisted Living Technology	148
7.3.4	Description of the field study	153
7.3.5	Evaluation of an SDT-based assisted living platform with a field study	154
7.3.6	Discussion	158
7.3.7	SDT-Based Design Requirements [DR]	160
7.3.8	Conclusions	161
7.3.9	Appendix. The Arc's Self-Determination Scale	162
8	Evaluation de l'efficacité du système d'assistance domiciliaire	166
8.1	Bénéfices apportés par l'utilisation d'une AAD	168
8.1.1	Introduction	168
8.1.2	Background	169
8.1.3	Experimental study	174
8.1.4	Results	181
8.1.5	Discussion	183
8.1.6	Conclusion	186
8.1.7	Appendix	187
9	Discussion, limites & perspectives	189
9.1	Synthèse des principaux résultats	190
9.1.1	Identification de la population d'étude et de ses besoins en technologies d'assistance	190

TABLE DES MATIÈRES

9.1.2	Conception centrée-utilisateur d'une plateforme d'assistance domiciliaire	191
9.1.3	Evaluation de l'efficacité de la plateforme d'assistance domiciliaire .	193
9.2	Limites	194
9.2.1	Limites de la validation expérimentale	194
9.2.2	Limites technologiques	195
9.3	Perspectives	197
9.3.1	Une étude populationnelle	197
9.3.2	DomAssist pour les déficients intellectuels	198
10	Conclusion générale & ouvertures multidisciplinaires	200
10.1	Conclusion générale	200
10.2	Ouvertures multidisciplinaires	201
	Bibliographie	203

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

Notre société vieillit. De plus, tout le monde sera un jour vieux (ou du moins peut-on l'espérer). Le nombre de personnes âgées de 60 ans et plus passera de 900 millions à environ 2 milliards entre 2015 et 2050 (de 12% à 22% de la population mondiale). Le vieillissement de la population est aussi plus rapide qu'auparavant. Par exemple, alors que la France a eu presque 150 ans pour s'adapter à l'augmentation de la part des 60 ans et plus dans la population (laquelle est passée de 10% à 20% sur cette période), le Brésil, la Chine et l'Inde n'auront qu'un peu plus de 20 ans pour le faire (OMS, Rapport mondial sur le vieillissement et la santé, 2015) (Figure 1.1).

Face à cette problématique populationnelle, une action dans tous les domaines est attendue : économique, politique et de santé publique. Le rapport de 2015 de l'OMS sur le vieillissement et la santé met en avant 4 préoccupations majeures pour promouvoir un « vieillissement réussi » :

- *Prendre en compte la diversité* : les personnes âgées ont des caractéristiques et capacités et donc des besoins différents, qui doivent être pris en compte pour proposer des solutions d'assistance.
- *Réduire les inégalités* : tous les âgés doivent pouvoir avoir accès aux soins, quelle que soit leur condition, notamment financière.
- *Encourager la prise de décision* : les âgés doivent être sollicités pour pouvoir prendre des décisions et faire des choix quant à leur quotidien, quelles que soient leurs ressources éducatives, financières, sociales et sécuritaires.
- *Favoriser le vieillissement à domicile* : soutenir le maintien à domicile le plus longtemps possible est actuellement une priorité, car c'est à la fois un souhait de la personne âgée mais aussi producteur d'avantages financiers en termes de dépenses de santé.

En France avec la territorialisation du traitement de la vieillesse et de ses enjeux, faire face à ces préoccupations n'est pas simple, et les collectivités locales et territoriales déploient et multiplient les solutions (e.g., clubs, foyers, université des aînés sur le plan social ; hosi-

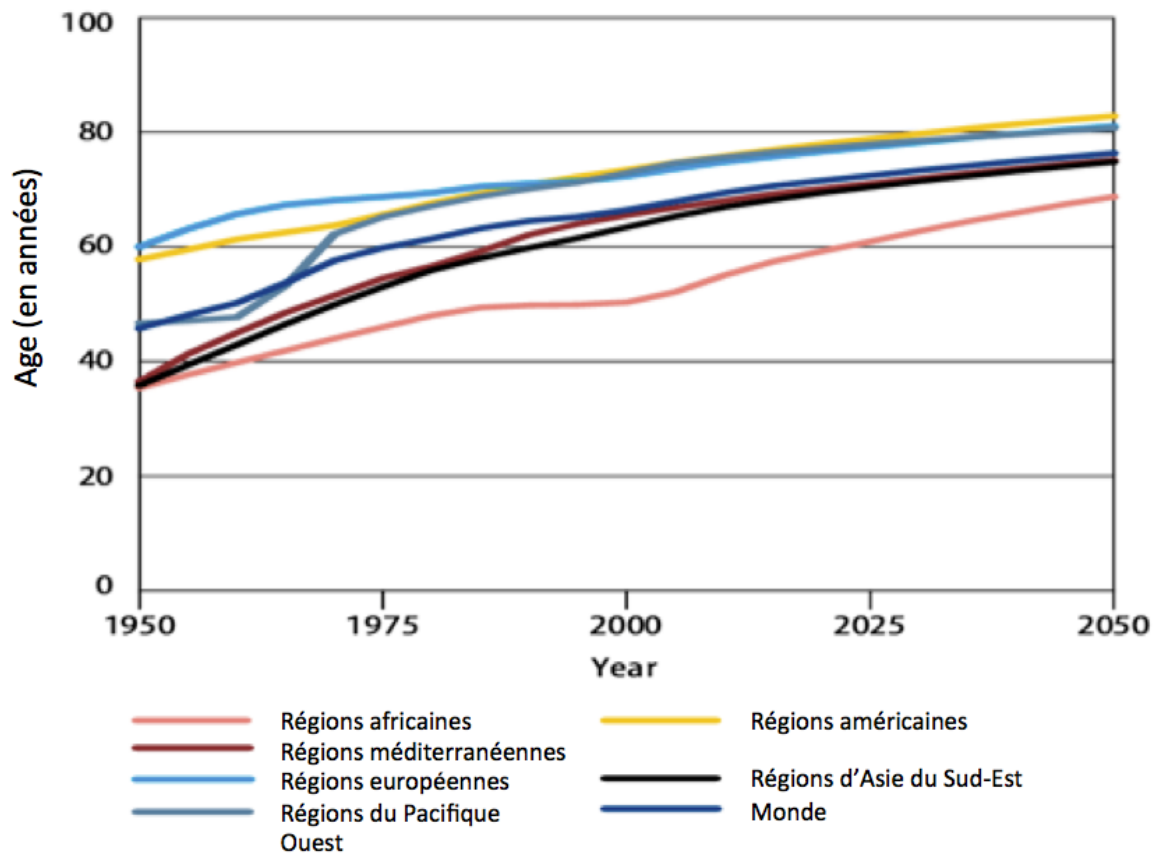


FIGURE 1.1– Projections à 2050 de l'évolution de l'espérance de vie dans les différentes régions mondiales (OMS, Rapport sur le vieillissement et la Santé, 2015)

talisation et soin à domicile pour le volet médical), permettant ainsi à 90% de la population âgée française de vivre à domicile (INSEE, 2009). Une autre solution prometteuse susceptible de favoriser un vieillissement réussi est le développement de technologies d'assistance au maintien à domicile (aussi appelées gérontechnologies) telles que la domotique, la e-santé, ou les solutions de télésurveillance. Néanmoins, comme le révèle le difficile démarrage de la Silver Economie en France, pourtant largement soutenue par les pouvoirs publics tant au niveau national que local, des efforts conséquents de recherche doivent être menés sur la conception et la validation expérimentales de l'efficacité de ces solutions pour une adoption facilitée par les âgés et les parties prenantes du maintien à domicile (professionnels des secteurs médicaux et médico-sociaux, services publics en charge de la vieillesse, et aidants naturels). Un tel objectif sous-entend de prendre en compte des besoins et caractéristiques particulières de la population âgée, qui jusque là ont été sous-estimés, et pourtant critiques à l'adoption des gérontechnologies.

Dans cette perspective, dans un premier chapitre (Chap. 2), nous présenterons les caractéristiques du vieillissement et leurs répercussions sur le quotidien des personnes âgées. Dans un second chapitre (Chap. 3), nous définirons et exposerons plus en détails les technologies d'assistance aux personnes âgées et les études associées ainsi que les limites qu'elles présentent. Puis, dans un 3^{ème} chapitre (Chap. 4), nous détaillerons les mécanismes d'acceptabilité de ces technologies pour ouvrir sur une préoccupation essentielle pourtant encore peu évaluée, à savoir l'efficacité de ces technologies pour le maintien à domicile, c'est-à-dire leur bénéfices pour les activités de vie domiciliaire qui apparaissent essentiels à l'adoption des technologies par les seniors. Ces trois chapitres étayeront alors le modèle d'analyse et les objectifs que nous avons construit et fixé en vue d'élaborer notre méthodologie (Chap. 5) préparatoire à nos réalisations empiriques (Chap. 6, 7, et 8).

VIEILLISSEMENT NORMAL & MAINTIEN À DOMICILE

Sommaire

2.1	Le vieillissement normal	5
2.1.1	Vieillissement neurologique	5
2.1.2	Vieillissement sensori-moteur	6
2.1.3	Statut psycho-relationnel dans le vieillissement normal	7
2.1.4	Statut cognitif dans le vieillissement normal	7
2.1.5	Compensation des pertes liées à l'âge	8
2.2	Vieillissement normal & fonctionnement quotidien	10
2.2.1	Les Activités de Vie Quotidienne	10
2.2.2	Qualité de vie et bien-être	11
2.2.3	Mesures du fonctionnement quotidien	12
2.2.4	Divergences entre différentes mesures du statut fonctionnel des personnes âgées	15
2.2.5	Impact de la perte d'autonomie sur les aidants	16
2.3	Déterminants du fonctionnement quotidien	17
2.3.1	Les aptitudes cognitives	17
2.3.2	Les aptitudes sensori-motrices	18
2.3.3	L'auto-détermination	18



2.1 Le vieillissement normal

Définir le vieillissement est un exercice complexe. Selon l’OMS, la vieillesse est définie selon le critère d’âge de 65 ans et plus, alors qu’une définition sociale utilise plutôt l’âge de cessation d’activité professionnelle. En France, la réglementation concernant les prestations sociales pour les personnes âgées utilise le seuil de 60 ans.

En gériatrie, le vieillissement normal (qui se différencie du vieillissement pathologique où un mécanisme pathogène le caractérise) correspond à l’ensemble des processus développementaux physiologiques qui modifient les structures et les fonctions de l’organisme avec l’âge et son avancée. La sénescence est programmée génétiquement depuis la naissance, mais la longévité de l’homme est aussi le produit de mécanismes de maintenance influencés notamment par l’environnement : de bonnes conditions environnementales repoussent les limites du vieillissement (sans toutefois lui ôter son caractère inéluctable) [Keating *et al.*, 2013]. Les modifications de l’organisme sont notamment observables sur le plan neuronal et sensori-moteur, et induisent ainsi des changements sur les domaines cognitifs et psychosociaux mais aussi dans les activités physiques. En conséquence, la réalisation des activités quotidiennes peut être perturbée, remettant ainsi en question le maintien à domicile des âgés.

2.1.1 Vieillissement neurologique

Grâce aux récentes avancées portant sur les techniques de neuro-imagerie, les manifestations comportementales observées chez des sujets âgés ont pu être mis en relation avec les modifications neurologiques d’un cerveau vieillissant.

D’un point de vue structurel, il a été démontré que le cerveau humain réduisait en poids et en le volume à partir de l’âge de 30 ans. Cependant, ces pertes ne sont pas uniformes : les régions antérieures sont plus touchées que les régions postérieures. En effet, ce sont les structures frontales qui expérimentent le plus précocement et le plus sévèrement les effets de l’âge [Raz *et al.*, 2005; Cabeza et Dennis, 2012] suivies par les zones pariétales et temporales, les lobes occipitaux ne présentant pas ou peu de perte volumétrique (pour une revue, voir [Dennis et Cabeza, 2008]).

Par ailleurs, d’un point de vue fonctionnel, c’est-à-dire concernant les patterns d’activation cérébrales, des différences entre des sujets jeunes et des sujets âgés sont aussi observées. De manière intéressante, le vieillissement est à la fois synonyme de diminutions et d’augmentations de l’activité cérébrale [Dennis et Cabeza, 2008]. Tout d’abord, plusieurs études, notamment dans le domaine de la perception visuelle, ont observé avec l’âge une diminution de l’activité cérébrale en zone occipitale accompagnée d’une activité cérébrale frontale plus élevée. Ce pattern d’activation est appelé *PASA effect* (*Posterior-Anterior Shift in Aging*, qui peut être traduit par « changement postérieur-antérieur dans le vieillissement ») (e.g., [Gutchess *et al.*, 2005; Grady *et al.*, 2002; Cabeza *et al.*, 2004]). Par exemple, Gutchess *et al.* [Gut-

chess *et al.*, 2005] ont observé que pour une tâche de mémorisation d'images, les sujets âgés recrutaient de manière plus importante leur cortex frontal, et moins leur cortex occipital par comparaison à des sujets jeunes, tout en maintenant leur niveau de performance. En effet, de par la réduction de leurs fonctions visuelles localisées dans le cortex occipital, les sujets âgés requièrent l'implication de leurs zones frontales en guise de compensation. Ce type d'effet a d'ailleurs nourri la construction de l'hypothèse Compensation cognitive-Déficit sensoriel de Dennis & Cabeza [Dennis et Cabeza, 2008] selon laquelle le vieillissement s'accompagnerait d'un investissement / effort cognitif des fonctions sensorielles et/ou motrices pour compenser les pertes subies sur ces dernières par le vieillissement.

Un autre effet, appelé *HAROLD effect* (*Hemispheric Asymmetry Reduction in Older Adult*, qui peut être traduit par « réduction de l'asymétrie hémisphérique chez la personne âgée ») peut être observé, notamment dans des tâches de mémorisation. Selon cet effet, un bon niveau de performance mnésique chez les âgés s'accompagne de l'activation des cortex pré-frontaux gauche et droite, alors que cette tâche ne nécessite qu'une activation unilatérale chez les jeunes (e.g., [Logan *et al.*, 2002; Stebbins *et al.*, 2002; Madden *et al.*, 2002]. Ainsi, pour maintenir un niveau de performance équivalent à un sujet jeune, un sujet âgé doit recruter de manière supplémentaire la région homologue de l'autre hémisphère. Ces deux effets peuvent être analysés comme reflétant d'une part les stratégies alternatives compensatoires employées par les âgés pour faire face au déclin lié à l'âge [Eyler *et al.*, 2011]; et d'autre part comme un phénomène de dédifférenciation neuro-fonctionnelle (*i.e.*, perte de la spécialisation neuro-fonctionnelle avec l'âge) [Sleimen-Malkoun *et al.*, 2014].

2.1.2 Vieillissement sensori-moteur

D'un point de vue sensori-moteur, l'individu âgé doit le plus souvent faire face aux signes sensoriels et moteurs suivants :

- Des *troubles visuels* [Schieber, 2006], tels que la diminution de la vision fovéale (opacification de la cornée), des difficultés de discrimination des couleurs vert-bleu-violet, des troubles de la perception de la profondeur, de l'adaptation à l'obscurité, et le besoin de lumière pour une meilleure acuité visuelle ; qui obligent 95% des plus de 65 ans à porter des lunettes correctrices (Etude Insee Handicap-Santé, 2008).
- Des *troubles auditifs*, notamment concernant la perception des sons de haute fréquence et la vulnérabilité au bruit, induisant des difficultés à comprendre une conversation [Wahl *et al.*, 2001; Wallhagen, 2010].
- Des *troubles vestibulo-cerebelleux* tels que des vertiges, nausées, troubles de l'équilibre, qui participent largement aux risques de chutes chez la personne âgée (e.g., [Finlayson et Peterson, 2010]).
- Des *troubles moteurs* notamment musculo-squelettiques tels qu'un déclin de la masse musculaire, de la densité osseuse et du cartilage articulaire, induisant des risques de

2.1. LE VIEILLISSEMENT NORMAL

fractures ainsi que des difficultés dans la coordination et la motricité fine pouvant entraîner dans certains cas une mobilité réduite [Mobasheri et Mendes, 2015].

2.1.3 Statut psycho-relationnel dans le vieillissement normal

Les effets de l'âge sur le statut psycho-relationnel et socio-émotionnel sont controversés. En effet, on peut d'une part observer une modification de certaines dimensions de la personnalité et des compétences communicatives (anxiété, extraversion, dépression, déclin des mécanismes de théorie de l'esprit, *etc.*) [Mroczek *et al.*, 2006; Duval *et al.*, 2011], ainsi qu'une diminution du réseau socio-relationnel (*e.g.*, [Lee et Markides, 1990]). Cependant, de nombreuses études montrent également une amélioration des compétences émotionnelles avec l'âge : par rapport aux adultes jeunes, les seniors régulent mieux leurs émotions [Levenson *et al.*, 1994; Tsai *et al.*, 2000], rapportent moins d'expériences émotionnelles négatives [Carstensen *et al.*, 2000] et décrivent de manière plus positive leurs relations familiales [Fingerman, 2000].

Ces modifications à la fois positives et négatives ont tenté d'être expliquées par la *Théorie de la Sélectivité Socio-émotionnelle* [Carstensen *et al.*, 2003]. Selon cette théorie, les âgés ont conscience du peu de temps qu'ils leur reste, et sont ainsi plus motivés à approfondir des relations existantes et émotionnellement gratifiantes, plutôt qu'à élargir leur réseau social. Ainsi, la réduction du réseau social au cours du vieillissement serait en fait synonyme d'une re-centration sur les relations proches plutôt qu'une incapacité psychologique à maintenir le contact.

2.1.4 Statut cognitif dans le vieillissement normal

Le déclin cognitif lié à l'âge est un sujet très étudié dans la littérature scientifique, dont émerge un consensus selon lequel le vieillissement s'accompagne d'une réduction des ressources cognitives [Birren et Schaie, 2006; Salthouse, 2012]. Il est fait état de 4 grandes fonctions ¹ sensibles au vieillissement :

- *L'attention* : les mécanismes de contrôle attentionnel, permettant de focaliser ses ressources cognitives sur des informations pertinentes tout en inhibant des informations perturbatrices, ont été démontrés comme sensibles au vieillissement. Notamment, des difficultés d'attention soutenue [Staub *et al.*, 2013] et un ralentissement des mécanismes de recherche visuelle [Madden *et al.*, 2005] sont observés.
- *Les capacités visuo-spatiales* : elles correspondent à la capacité à générer une carte mentale d'un espace défini, incluant la perception spatiale, l'orientation spatiale, et

1. Ici, nous présentons une vision macroscopique du vieillissement cognitif telle que généralement adoptée dans une approche dite « Facteur Humain et Vieillissement », approche qui prévaut dans le champ de l'ergonomie cognitive des technologies. A ce titre les modèles et hypothèses fondamentales du vieillissement (*e.g.*, réduction des ressources cognitives, ralentissement cognitif généralisé ou spécifique, *etc.*) ainsi que débats théoriques associés ne seront pas abordés.

la visualisation-rotation mentale. Dans le vieillissement normal, un déclin de ces capacités est rapporté [De Beni *et al.*, 2006] (pour une revue voir [Lithfous *et al.*, 2013]).

- *La mémoire épisodique* : elle est définie comme la mémoire à long terme des événements, c'est-à-dire des informations associées à un contexte, et donc indexées spatio-temporellement [Tulving, 2002]. La mémoire épisodique est le système de mémoire le plus touché dans le vieillissement normal, et les difficultés sont d'autant plus présentes pour des activités prospectives impliquant une orchestration exécutive (*i.e.*, se souvenir d'actions futures à réaliser) ([Isingrini et Tacconat, 2008; McDaniel *et al.*, 2011] pour revue).
- *Les fonctions exécutives* : elles sont définies comme les processus qui contrôlent et régulent les activités cognitives, notamment pour l'exécution et le contrôle de situations complexes et/ou nouvelles [Miyake *et al.*, 2000; Diamond, 2013]. La planification d'une tâche, la flexibilité, la mise à jour, l'inhibition et par extension la mémoire de travail (système de stockage à court terme mobilisant des capacités de traitement, [Baddeley, 2010]) sont des exemples de mécanismes associés aux fonctions exécutives. Pour certains auteurs, le déclin sélectif des fonctions exécutives permet d'expliquer l'ensemble des pertes cognitives liées à l'âge (on parle alors d'*hypothèse exécutivo-frontale du vieillissement* (pour revue [West, 1996; Lemaire et Bherer, 2005])).

Il est à noter que toutes les fonctions cognitives ne déclinent pas avec l'âge avec la même cinétique et, que certaines peuvent même s'améliorer. C'est le cas des capacités d'intelligence cristallisée, comprenant les connaissances générales et le vocabulaire [Park *et al.*, 2002; Hedden *et al.*, 2005; Tucker-Drob et Salthouse, 2008], et de certains types de mémoire, comme la mémoire procédurale (*i.e.*, la mémoire des gestes, mémorisés à la suite de répétition de manière inconsciente), la mémoire sémantique (*i.e.*, la mémoire des connaissances, permettant de définir un concept, d'extraire de la signification) et la mémoire perceptive (*i.e.*, permettant de mémoriser des percepts dans toutes les modalités sensorielles : sons, images, odeurs, *etc.*).

De manière générale, il est important de souligner que le vieillissement normal n'est pas uniforme mais est le plus souvent synonyme de variabilité inter- et intra-individuelle (*e.g.*, [Vines *et al.*, 2015]), et même de variabilité « occasionnelle » [Lezak, 2004]. En effet, tous les adultes âgés n'expriment pas les mêmes manifestations du vieillissement, et les capacités psycho-relationnelles, physiques et cognitives d'un même individu ne déclinent pas de la même manière, à la même vitesse et ceci au gré des situations /conditions dans lesquelles ces capacités sont évaluées.

2.1.5 Compensation des pertes liées à l'âge

L'hétérogénéité interindividuelle concernant le statut fonctionnel souvent observée avec l'âge révèle aussi que certains âgés parviennent à gérer et surpasser les pertes liées

2.1. LE VIEILLISSEMENT NORMAL

à l'âge. De ce fait, un domaine de la recherche en psychologie du vieillissement a été de comprendre comment les individus parvenaient à atteindre et maintenir un fonctionnement quotidien optimal, et quels étaient les processus compensatoires des pertes liées à l'âge [Bäckman et Dixon, 1992; Salthouse, 1996]. La théorie la plus significative et contributive dans ce champ de recherche est la *théorie bio-culturelle du vieillissement* de Baltes et collaborateurs [Riediger *et al.*, 2006; Baltes *et al.*, 2005], mettant en avant la notion de « vieillissement réussi » via l'existence de mécanismes régulateurs des pertes et gains associés aux grands âges.

En effet, selon Baltes, il existe des processus sensibles au vieillissement, qualifiés de *processus biologiques* (comprenant notamment la vitesse de traitement et les ressources cognitives), en opposition de processus peu sensibles ou s'améliorant avec l'âge, nommés *processus culturels*. Ainsi, les processus cognitifs culturels ont pour rôle d'assurer la maintenance des capacités cognitives jusqu'à un âge très avancé.

Pour aller plus loin, les auteurs proposent 3 stratégies, qui rendraient possible cette maintenance des capacités fonctionnelles : la *sélection*, l'*optimisation* et la *compensation*, (d'où le nom de modèle SOC) nécessitant un niveau croissant de ressources cognitives [Baltes et Baltes, 1990; Freund et Baltes, 2003] :

- La *sélection* correspond à la concentration sur un nombre restreint de buts, pour canaliser ses ressources. Les auteurs identifient deux sortes de sélection : la *sélection élective*, basée sur le choix et permettant d'atteindre un objectif désiré (par exemple, se concentrer sur sa carrière au lieu de ses hobbies jusqu'à ce qu'un certain niveau professionnel soit atteint) ; et la *sélection négative*, basée sur la perte, et qui est la conséquence d'un déclin de certains moyens (par exemple, arrêter le tennis et passer à la marche quand la condition physique ne le permet plus).
- L'*optimisation* implique la mise au point de moyens relatifs aux buts. Elle correspond à l'acquisition, le raffinement et l'application de moyens pertinents pour atteindre des résultats désirés (par exemple, l'entraînement quotidien pour améliorer son jeu au tennis). Ces mécanismes sont à mettre en relation avec les mécanismes de « procéduralisation » ou de compilation de compétences mis notamment en évidence dans le domaine d'étude qu'est l'expertise [Ericsson et Charness, 1994].
- Enfin, la *compensation* se rapporte aussi aux moyens, et se définit comme l'usage de nouveaux moyens ou de nouvelles stratégies, en vue de maintenir un niveau donné de fonctionnement lorsque les moyens qui étaient efficaces ne sont plus disponibles (par exemple, l'intensification de l'effort cognitif pour lire sur les lèvres quand l'ouïe baisse).

D'une grande valeur heuristique, par son approche « bio-culturelle » et « life-span », ce modèle permet d'expliquer les comportements adaptatifs à toutes les étapes de la vie, et est pleinement applicable au domaine du vieillissement. Il permet aussi de comprendre quels sont les processus responsables des différences inter-individuelles en termes de fonctionnement quotidien. En effet, selon cette théorie, c'est l'implication plus importante des ressources cognitives qui permet de compenser des pertes liées à l'âge, et c'est l'efficacité

dans l'utilisation de ces ressources qui permet d'expliquer les différences inter-individuelles au cours du vieillissement. Et, ces variations énergétiques inter- et intra-individuelles sont soumises au jeu complexe des interactions de l'individu avec ses conditions environnementales (physiques et sociales) de vie.

Dans la continuité de ce modèle, différents auteurs se sont intéressés à la notion de « réserve cognitive » [Stern, 2002, 2012; Barulli et Stern, 2013; Suchy *et al.*, 2011]. Selon cette théorie, tout individu posséderait une réserve cognitivo-protectrice permettant de repousser les effets du vieillissement (ou d'une pathologie) pour maintenir son niveau de fonctionnement quotidien. Cette réserve serait variable d'un individu à l'autre, et dépendrait notamment du niveau d'éducation, de stimulation cognitive, ou de l'engagement social et des loisirs pratiqués. Au niveau neurologique, cette réserve cognitive peut s'observer par l'utilisation de manière plus efficiente de certaines zones cérébrales, ou par l'activation de zones cérébrales supplémentaires pour compenser une lésion [Barulli et Stern, 2013]. Par contre, une fois cette réserve épuisée, les effets du vieillissement ou d'une pathologie seraient précipités.

Pour résumer, nous concluons que le vieillissement est un objet d'étude complexe et multi-facettes. Les déclinés liés au vieillissement concernent la sphère neurologique et sensori-motrice, impliquant ainsi des difficultés sur le plan cognitif, psycho-relationnel et physique. Néanmoins, des stratégies compensatoires demeurent efficaces même avec l'âge pour pallier les pertes et ainsi maintenir un niveau de performance. Pourtant, ces déclinés de la sénescence induisent aussi la plupart du temps des répercussions sur les activités quotidiennes, pouvant remettre en question le maintien à domicile de l'agé.

2.2 Vieillessement normal & fonctionnement quotidien

Le vieillissement est un processus multifactoriel influencé par de nombreuses variables physiques, psychologiques et sociales. Si certaines personnes vivent un vieillissement réussi sans difficultés significatives, d'autres peuvent cumuler des déclinés entravant certaines fonctions. Dans ce cas, les capacités à réaliser des activités de vie quotidienne (aussi appelée statut fonctionnel) peuvent être affectées (pour une revue, voir par exemple [Gold, 2012]). Selon l'OMS, d'ici 2050, le nombre de personnes âgées ayant besoin d'une assistance pour les activités quotidiennes devrait quadrupler dans les pays en développement (OMS, Rapport mondial sur le vieillissement et la santé, 2015).

2.2.1 Les Activités de Vie Quotidienne

Les activités de vie quotidienne (AVQ), souvent connues sous le terme anglais *Activities of Daily Living* (ADL) incluent des activités basiques et instrumentales [Lawton *et al.*, 1982].

2.2. VIEILLISSEMENT NORMAL & FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN

Parmi les activités basiques (*Basic Activities of Daily Living* – BADL), aussi appelées praxies simples, on peut citer les déplacements, l’habillage, faire sa toilette ou manger [Katz, 1983]. Les activités instrumentales (*Instrumental Activities of Daily Living* – IADL), autrement nommées praxies complexes par certains auteurs du fait de l’implication des fonctions exécutives dans des comportements surappris, sont considérées comme nécessitant plus de ressources cognitives, comme c’est le cas dans les activités de réalisation des courses, de gestion de ses finances, de préparation de repas ou encore de gestion des médicaments [Fillenbaum, 1985; Lawton et Brody, 1988].

Plus précisément, les pertes dans les AVQ apparaissent généralement de manière séquentielle, où une dégradation plus précoce des IADL est observée, avec un déclin particulier dans les activités sociales (téléphoner), la conduite automobile et la gestion des médicaments [Péres *et al.*, 2008], alors que les difficultés dans la réalisation des praxies simples (BADL) est observée plus tardivement (e.g., [Farias *et al.*, 2005]). Aussi, on parle de perte d’autonomie quand la réalisation des IADL est perturbée, et de dépendance quand des difficultés pour les BADL apparaissent (Figure 2.1).

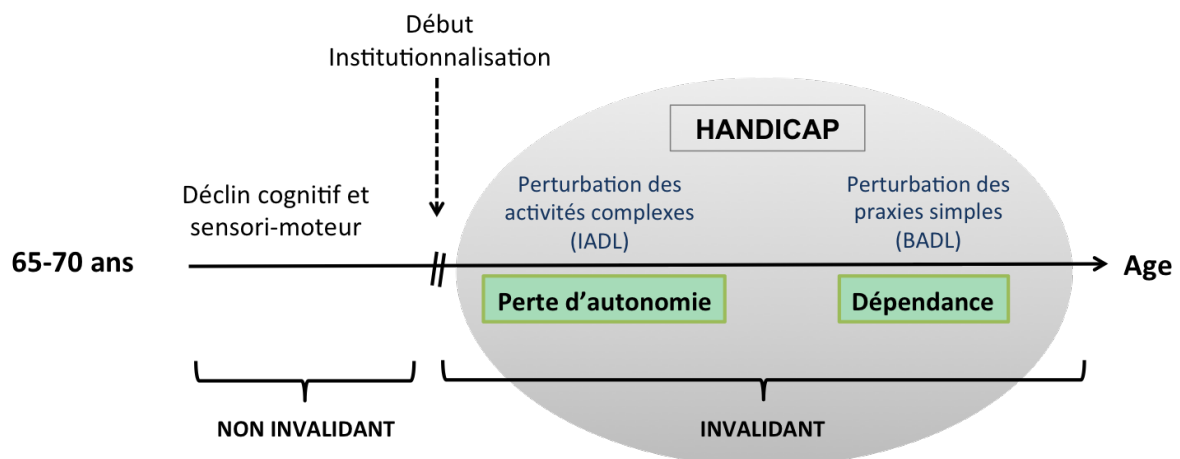


FIGURE 2.1– Scénario du handicap lié à la vieillesse [Kalfat et Sauzeon, 2009]

2.2.2 Qualité de vie et bien-être

En rapport avec le fonctionnement quotidien apparaît la notion de bien-être et de qualité de vie. Selon classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé (CIFHS) promue par l’OMS (OMS, 2001, Figure 2.2), la qualité de vie se définit en ces termes : « c’est la perception qu’a un individu de sa place dans l’existence. C’est un concept très large influencé de manière complexe par la santé physique du sujet, son état psychologique, son niveau d’indépendance (toutes les capacités permettant l’autonomie), ses relations sociales ainsi que sa relation aux éléments essentiels de son environnement ».

D'un point de vue psychométrique, la qualité de vie correspond plus à « un phénomène ayant une expression psychologique (liée à la perception du sujet) et/ou comportementale (liée à des comportements dans la vie courante) observables et donc mesurables en eux-mêmes » [Leplège et Coste, 2002].

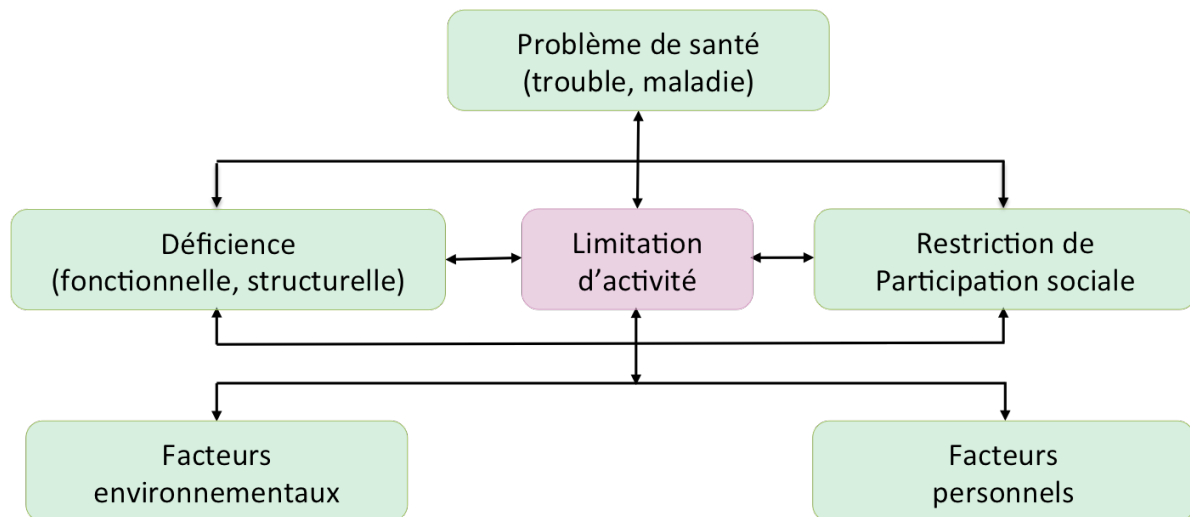


FIGURE 2.2– Modèle OMS de la santé selon la CIFHS (OMS, 2009)

De nombreux outils de mesures de la qualité de vie existent aujourd'hui, les plus utilisés sont les suivants : le *Quality of Well-Being Scale* (QWB) [Fanshel et Bush, 1970], le *World Health Organization Quality of Life* (WHOQOL) [WHO, 1998], questionnaire développé par l'OMS ; et le *Medial Outcome Study Short Form 36* (MOS SF-36) [Ware Jr et Sherbourne, 1992]. Ces questionnaires permettent soit d'obtenir un index, c'est-à-dire un score global de la qualité de vie, soit de délivrer un profil subdivisé en dimensions (par exemple, physique vs. mental dans la SF-36) influençant chacune la qualité de vie.

Il est aussi à noter que certaines études se basent sur d'autres mesures telles que la santé, l'état d'anxiété ou de dépression, le statut fonctionnel ou encore les rapports sociaux pour identifier de manière proximale la qualité de vie [Hem, 2015].

2.2.3 Mesures du fonctionnement quotidien

Les capacités à réaliser les AVQ (la boîte « activités » dans le modèle CIFHS) sont souvent évaluées grâce à des questionnaires administrés aux personnes âgées elles-mêmes ou à leurs proches.

En France, la grille nationale AGGIR (Autonomie Gérontologie Groupes Iso-Ressources) évalue le degré de perte d'autonomie ou de dépendance physique ou mentale d'une personne dans ses actes quotidiens (Figure 2.3) : le niveau GIR 6 indique une autonomie quasi-complète pour les actes quotidiens et le niveau GIR 1 une dépendance quasi-totale. Cette grille sert de

2.2. VIEILLISSEMENT NORMAL & FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN

support en France pour déterminer le montant de l'APA (Allocation Personnalisée d'Autonomie) mais aussi la quotité d'aides à domicile délivrée notamment par les services communaux d'action sociale. Cette grille évalue les activités de la vie quotidienne complexes (IADL) et les activités basiques (BADL).

GIR	Degré de dépendance
GIR 1	- Personne confinée au lit ou au fauteuil, dont les fonctions mentales sont gravement altérées et que nécessite une présence indispensable et continue d'intervenants, - Ou personne en fin de vie
GIR 2	- Personne confinée au lit ou au fauteuil, donc les fonctions mentales ne sont pas totalement altérées et dont l'état exige une prise en charge pour la plupart des activités de la vie courante, - Ou personne dont les fonctions mentales sont altérées, mais qui est capable de se déplacer et qui nécessite une surveillance permanente
GIR 3	Personne ayant conservé son autonomie mentale, partiellement son autonomie locomotrice, mais qui a besoin quotidiennement et plusieurs fois par jour d'une aide pour les soins corporels
GIR 4	- Personne n'assurant pas seule ses transferts mais qui, une fois levée, peut se déplacer à l'intérieur de son logement, et qui a besoin d'aides pour la toilette et l'habillage, - Ou personne n'ayant pas de problèmes locomoteurs mais qui doit être aidée pour les soins corporels et les repas
GIR 5	Personne ayant seulement besoin d'une aide ponctuelle pour la toilette, la préparation des repas et le ménage
GIR 6	Personne encore autonome pour les actes essentiels de la vie courante

FIGURE 2.3– Grille AGGIR - Caractéristiques du demandeur en fonction du GIR auquel il est rattaché. Source : <https://www.service-public.fr/>

Dans le domaine de la recherche, cette grille ne fait vraiment pas l'unanimité et des questionnaires spécifiques (auto-administrés) sont préférés. Les plus utilisés sont le *Multilevel Assessment Questionnaire* [Lawton *et al.*, 1982], l'échelle IADL de Katz [Katz, 1983], et le *OARS Multidimensional Functional Assessment Questionnaire* (OMFAQ) [Fillenbaum, 1985]. Ces questionnaires sont habituellement constitués d'items sous forme d'échelles permettant à l'âge de renseigner ses difficultés à réaliser différentes tâches de la vie quotidienne.

Une autre manière d'évaluer le statut fonctionnel de la personne âgée est l'utilisation de mesures objectives de performances dans la réalisation d'AVQ. C'est le cas par exemple du *Timed-Instrumental Activities of Daily Living* (TIADL) [Owsley *et al.*, 2002] (Figure 2.4), le *Observed Tasks of Daily Living* (OTDL) [Diehl *et al.*, 1995], ou le *Everyday Problem Tasks* (EPT) [Willis et Marsiske, 1993] (pour une revue de ces mesures voir [Moore *et al.*, 2007]).



Pour finir, une dernière technique de mesure du statut fonctionnel des personnes âgées est l'utilisation de questionnaires à destination des proches. Les principaux outils utilisés sont le *Scale of Independent behavior* (SIB) [Bruininks, 1984], le *Informant Questionnaire on Cognitive Decline in the Elderly* (IQCODE) [Jorm et Jacomb, 1989], ou l'Inventaire des Habiletés de Vie en Appartement (IHVA) [Corbeil *et al.*, 2009] pour un questionnaire français. Le plus souvent, ces questionnaires sont similaires à ceux à destination des sujets âgés c'est-à-dire constitués d'échelles, mais certains permettent aussi de renseigner une évolution au cours du temps (par exemple pour le IQCODE « depuis 10 ans, comment votre proche se comporte-t-il dans les situations suivantes : »).

14

2.2.4 Divergences entre différentes mesures du statut fonctionnel des personnes âgées

Des études ont montré que différentes mesures du fonctionnement quotidien pouvaient ne pas être corrélées entre elles, rendant la conclusion face à l'utilisation de ces différents outils délicate.

Dans une étude de 2011 impliquant 88 personnes âgées cognitivement préservées, Schmitter-Edgecombe, Parsey & Cook [Schmitter-Edgecombe *et al.*, 2011], ont comparé quatre mesures du fonctionnement quotidien : un questionnaire rempli par les sujets, le OTDL, le EPT, et une observation directe de la réalisation d'activités quotidiennes. Les résultats obtenus ont montré qu'une fois l'âge des sujets contrôlé, ces différentes mesures du fonctionnement quotidien n'étaient pas toutes corrélées entre elles (seules des corrélations significatives entre l'observation directe, l'EPT et le questionnaire rapporté étaient obtenues).

Concernant les divergences entre difficultés rapportées par les sujets et une autre mesure du fonctionnement quotidien, il a été plusieurs fois observé une sur- ou sous-estimation des difficultés quotidiennes, et ce, même chez des personnes âgées cognitivement préservées. Notamment, la surestimation des difficultés quotidiennes a été démontrée comme étant influencée par le niveau de dépression [Dunlop *et al.*, 2005; Grigsby *et al.*, 1998; Patrick *et al.*, 2004]. À l'inverse, la sous-estimation des difficultés, qui peut être vue comme une absence de prise de conscience des difficultés quotidiennes (ou anosognosie), a été démontrée comme étant associée à une augmentation du déclin fonctionnel [Goverover *et al.*, 2009], à une inefficacité de rééducation [LaBuda et Lichtenberg, 1999] et une augmentation du fardeau de l'aidant [Seltzer *et al.*, 1995]. De plus, cette sous-estimation, peut être un indicateur précoce de la présence d'une démence [Karagiozis *et al.*, 1998; Farias *et al.*, 2005]. En particulier, Farias et collaborateurs [Farias *et al.*, 2005] ont étudié les différences entre mesures du statut fonctionnel rapportées par le sujet et par son aidant chez des participants déments, avec déficit cognitif léger (*Mild Cognitive Impairment*, MCI) ou des sujets contrôles. Ils ont observé des divergences entre groupes uniquement pour les patients avec démence (qui sous-estimaient leurs difficultés par rapport à leur aidant), alors que les personnes âgées cognitivement préservées, ainsi que les participants MCI rapportaient avec plus d'exactitude leur statut fonctionnel.

De Winter et collaborateurs [De Winter *et al.*, 2015] ont proposé, dans une revue de la littérature, huit hypothèses permettant d'expliquer la sous-estimation des pertes liées à l'âge, chez des âgés cognitivement préservés. Les hypothèses incluent par exemple des références sémantiques différentes («souvent» pour une personne âgée peut ne pas signifier la même chose que pour une personne jeune), une vie plus routinière et moins risquée pour les personnes âgées les mettant ainsi moins face à des difficultés, la mise en place de stratégies de

compensation par l'âge pour éviter les difficultés, ou encore tout simplement un oubli et/ou une absence de prise de conscience des erreurs par les âgés².

Enfin, il a été démontré que la réserve cognitive (cf. 2.1.5) influencerait cette divergence entre plusieurs types de mesures du fonctionnement quotidien [Spitznagel et Tremont, 2005; Spitznagel *et al.*, 2006; Suchy *et al.*, 2011]. Dans leur étude de 2011, impliquant 75 âgés cognitivement préservés, Suchy et collaborateurs [Suchy *et al.*, 2011] ont comparé une mesure de performance de fonctionnement quotidien (le TIADL) et un questionnaire administré à l'âge ; et ont mesuré l'impact du statut cognitif, de la dépression et de la réserve cognitive sur cette « conscience des difficultés ». Les résultats ont montré que la réserve cognitive était un facteur protecteur de la sous- ou sur-estimation des difficultés quotidiennes, même lorsque les individus présentaient des signes de dépression ou des troubles cognitifs.

2.2.5 Impact de la perte d'autonomie sur les aidants

Dans ce contexte de restriction de participation sociale liée à la limitation des activités apparaissant avec le vieillissement, s'inscrit l'implication d'un aidant. Comme remarqués par Consolvo et collaborateurs [Consolvo *et al.*, 2004] « *nous serons tous probablement à la fois un aidant pour un âgé puis aidé en tant qu'âgé* ». Ces aidants peuvent être des aidants informels³ (i.e., la famille ou les proches) ou des aidants professionnels (tels que des aides à domicile ou des soignants).

Bien que le rôle d'aidant puisse être gratifiant et épanouissant (e.g., [Cohen *et al.*, 2002]), de nombreuses études ont montré qu'il est bien souvent accompagné d'un fardeau. Le fardeau de l'aidant peut être défini comme les conséquences physiques, psychologiques, financières et/ou sociales induites par l'aide à un individu en perte d'autonomie [Butcher *et al.*, 2001; Etters *et al.*, 2008]. Par exemple, dans leur étude, Butcher, Holkup & Buckwalter [Butcher *et al.*, 2001], ont interviewé 103 aidants informels sur leur rôle d'aidant, et ont réalisé des analyses de discours. Les principaux éléments ressortant de ces interviews furent à la fois négatifs (tels que « *être submergé, endurer du stress et de la frustration* ») mais aussi positifs (notamment « *apporter du support, trouver un sens et de la joie* »).

En psychométrie, différentes mesures dédiées à l'évaluation du fardeau de l'aidant existent. Ces mesures peuvent être à destination des aidants professionnels ou informels. Les mesures dédiées aux aidants informels incluent le *Zarit Burden Inventory* [Zarit *et al.*, 1980], le *Caregiver Strain Index* (CSI) [Sullivan *et al.*, 2002] et le *Screen for Caregiver Burden* (SCB) [Hirschman *et al.*, 2004]. Concernant l'évaluation de fardeau de l'aidant professionnel,

2. A ces 4 hypothèses s'ajoutent des biais par rapport à l'utilisation d'un questionnaire : le score total peut ne pas refléter les scores à chaque item pris indépendamment, et les items peuvent évaluer des aspects peu sensibles au vieillissement (se rapportant aux capacités d'intelligence cristallisée plutôt qu'à l'intelligence fluide) ; est proposée également l'hypothèse de comparaison sociale (i.e., se comparer aux pairs plutôt que sur un plan longitudinal), et de désirabilité sociale (effet des stéréotypes du vieillissement)

3. Selon une étude aux Etats-Unis, les aidants naturels sont la première ressource de soins à domicile aux Etats-Unis, et permettent une économie de plus de 40 millions de dollars par an au pays [Chi et Demiris, 2015].

2.3. DÉTERMINANTS DU FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN

les mesures incluent le *Caregiver Burden Inventory Scale* [Novak et Guest, 1989] ou le *Maslach Burnout Inventory* (MBI) [Maslach et Jackson, 1981]. Notons que le MBI est également utilisé pour évaluer le fardeau d'un aidant informel (e.g., [Truzzi *et al.*, 2012; Angermeyer *et al.*, 2006]).

Au total, les pertes liées à l'âge peuvent avoir des répercussions sur le quotidien de la personne âgée. Ces répercussions peuvent inclure l'incapacité à réaliser certaines tâches de la vie quotidiennes, menaçant à terme le maintien à domicile ; mais peuvent aussi impacter la qualité de vie et le bien-être, ainsi que la condition des aidants impliqués. Pour faire suite à ces résultats, nous proposons de s'attarder plus en détails sur les déterminants du fonctionnement quotidien, c'est-à-dire les facteurs impliqués dans la bonne réalisation des activités quotidiennes.

2.3 Déterminants du fonctionnement quotidien

La réalisation des AVQ dépend de nombreux facteurs, notamment l'âge, le genre, le niveau d'éducation et le statut marital [Schmitter-Edgecombe *et al.*, 2011; Avlund *et al.*, 2003; Puts *et al.*, 2005]. Par exemple, un âge avancé et un faible niveau d'étude ont été démontrés comme associés à un plus faible statut fonctionnel [Artero *et al.*, 2001]. Nous nous concentrons ici sur l'influence des capacités cognitives, physiques et d'auto-détermination sur le fonctionnement quotidien.

2.3.1 Les aptitudes cognitives

Les aptitudes cognitives sont bien documentées comme étant des déterminants du statut fonctionnel.

Particulièrement, les fonctions exécutives (e.g., la planification d'une action, la mise à jour d'informations en mémoire de travail, ou l'inhibition) [Vaughan et Giovanello, 2010; Edwards *et al.*, 2005], le statut cognitif global [Farias *et al.*, 2006; Inzitari et Basile, 2003], la mémoire épisodique [Farias *et al.*, 2006; McCue *et al.*, 1990] et la rapidité de traitement [Tuokko *et al.*, 2005] ont été démontré comme influençant le statut fonctionnel, qu'il soit mesuré par des tests de performances ou rapporté par le sujet. Les fonctions exécutives semblent néanmoins être les prédicteurs cognitifs du statut fonctionnel les plus robustes et les plus consistents [Cahn-Weiner *et al.*, 2007; Marcotte *et al.*, 2010].

Dans un article de 2011, Gross et collaborateurs [Gross *et al.*, 2011] ont évalué l'influence de la mémoire, du raisonnement, de la rapidité de traitement et du statut cognitif global sur une mesure composite du fonctionnement quotidien (construite à partir du EPT, du OTDL et du TIADL) sur une cohorte de 2 082 personnes âgées. Les résultats ont montré que chacune des quatre dimensions cognitives influençait significativement le fonctionnement quotidien, avec une majeure partie de la variance expliquée par les capacités de raisonnement. De plus,

ce sont les capacités de mémoire qui prédisent le mieux l'évolution du statut fonctionnel de la personne âgée.

Cependant, comme l'ont montré Schmitter-Edgecombe, Parsey & Cook [Schmitter-Edgecombe *et al.*, 2011], tous les tests cognitifs ne permettent pas de prédire le fonctionnement quotidien des personnes âgées, que ce soit par des mesures de performance, des mesures rapportées ou même une observation en situation réelle.

2.3.2 Les aptitudes sensori-motrices

Comme présenté précédemment (cf. 2.1.2), le vieillissement se caractérise par une diminution des capacités sensori-motrices. Ces déficiences sensorielles et motrices peuvent être grandement responsables d'une réduction des activités de loisir (lecture, mots fléchés), de l'abandon de la conduite automobile, et par conséquent induire de l'ennui, de l'isolement, des incapacités et, une restriction de participation sociale [Hem, 2015].

En particulier, de nombreuses études montrent une relation positive entre de faibles aptitudes physiques et une perte plus importante des AVQ [Seidel *et al.*, 2011; Nutt *et al.*, 1993]. Par exemple, une perturbation de l'équilibre rend la marche incertaine (pouvant entraîner des chutes ou des troubles de santé), ce qui, en conséquence peut générer une crainte et une réduction de la mobilité chez ces personnes.

De la même manière, un déclin des aptitudes perceptives (principalement audition et vision) a été démontré comme ayant un impact négatif sur le statut fonctionnel [Wahl *et al.*, 2013; Glosser *et al.*, 2002; Jefferson *et al.*, 2008] mais aussi sur l'engagement social, déjà fragilisé avec l'âge [Dalton *et al.*, 2003; Wahl *et al.*, 2001; Wallhagen, 2010]. Par exemple, dans une étude de 2013, Wahl *et al.* [Wahl *et al.*, 2013] ont évalué les compétences fonctionnelles, les capacités cognitives et les relations sociales de 420 personnes âgées visuellement et/ou auditivement diminuées (ainsi qu'un groupe contrôle). Leurs résultats indiquent que les personnes âgées présentant des troubles à la fois visuels et auditifs sont les plus perturbées dans leurs activités quotidiennes, suivies par les âgés avec déficiences visuelles seules. Il semble donc qu'un déclin de l'audition ait moins d'impact sur le statut fonctionnel des âgés. En revanche, de manière intéressante, les capacités cognitives et les relations sociales ne différaient pas entre les groupes.

De manière complémentaire, des études ont aussi montré qu'une diminution des aptitudes physiques (notamment tonus musculaire, rapidité de marche, équilibre) entraînaient chez les personnes âgées une diminution de leur santé perçue et de leur bien-être [Samuel *et al.*, 2012; Wahl *et al.*, 2013].

2.3.3 L'auto-détermination

Historiquement, le terme d'auto-détermination fut employé dans le contexte du handicap et se référait au droit pour les personnes avec incapacité de pouvoir contrôler leur propre

2.3. DÉTERMINANTS DU FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN

vie, pouvoir prendre part aux décisions les concernant, d'avoir leur mot à dire pour assurer leur gouvernance.

Plus récemment, Deci & Ryan [Deci et Ryan, 1985; Ryan et Deci, 2000], ont proposé une Théorie cognitive de l'Auto-Détermination (*Self-Determination Theory*, SDT) en lien avec la littérature de la motivation. Selon ces auteurs, l'auto-détermination concerne l'ensemble des mécanismes psychologiques de motivation intrinsèque et de prise de décision des individus pour réaliser des activités qui n'induisent pas de récompenses en tant que telles, en d'autres termes l'intérêt spontané, la curiosité.

Ainsi, selon les auteurs, l'auto-détermination peut être définie comme étant : « *la capacité à choisir et à pouvoir faire des choix, plutôt qu'être régi par d'autres forces de pressions, et d'être le déterminant de nos actions. Mais l'auto-détermination est plus qu'une capacité, c'est aussi un besoin* ». Dans ce contexte, les individus seraient intrinsèquement motivés, et agiraient de manière autodéterminée, en satisfaisant 3 besoins fondamentaux :

- Le besoin d'*autonomie*, c'est-à-dire le sentiment de pouvoir agir de manière autonome, sans pression extérieure
- Le besoin de *compétence*, qui correspond au sentiment d'acquérir de nouvelles compétences et de nouveaux savoir-faires
- Le besoin d'*attachement/appartenance sociale*, c'est-à-dire le sentiment d'appartenir à un cercle social, de ressentir l'intérêt des autres

A titre d'exemple, les auteurs évoquent le cas des étudiants présentant une envie spontanée d'apprendre et de résoudre des problèmes, des musiciens qui pratiquent leur instrument sans récompense à court terme, ou encore des jeunes enfants qui sont spontanément curieux du monde extérieur.

De plus, les auteurs supposent que comme tout besoin à satisfaire, l'auto-détermination est un facteur conduisant à une meilleure santé et une amélioration du bien-être de la personne.

Un autre modèle d'auto-détermination, proposé par Wehmeyer et ses collègues [Wehmeyer, 1995] se recentre sur le domaine du Handicap, et plus précisément sur les dispositifs d'éducation spécialisée et de réhabilitation en lien avec le Handicap, c'est pourquoi nous avons choisi d'intégrer cette approche dans notre travail. Dans ce cadre théorique, l'auto-détermination est vue comme un objectif éducatif ou de réhabilitation, qui doit (1) prendre en considération les caractéristiques des individus, (2) induire des résultats, des bénéfices pour l'individu ; et (3) est accompli et influencé tout au long de la vie, grâce à des apprentissages, des opportunités et des expériences.

Dans ce modèle, un comportement est considéré comme autodéterminé s'il reflète sélectivement ou globalement les quatre caractéristiques suivantes :

- *L'autonomie comportementale* : l'individu agit de manière indépendante, selon ses préférences et/ou ses capacités

CHAPITRE 2. VIEILLISSEMENT NORMAL & MAINTIEN À DOMICILE

- *L'autorégulation* : l'individu évalue l'environnement, prend ses décisions et met en place des stratégies de réalisation en fonction de ses capacités
- *La capacitation psychologique* (empowerment en anglais) : l'individu croit en sa capacité de réaliser des actions de manière appropriée, et à avoir du contrôle sur l'environnement
- *L'autoréalisation* : l'individu connaît ses forces et faiblesses, et agit de manière appropriée en fonction de ses connaissances sur lui-même

En se basant sur ce modèle, des études ont également montré une relation positive entre la satisfaction du besoin d'auto-détermination et la qualité de vie, chez des populations avec Handicap telles que des adultes avec retard mental [Wehmeyer et Schalock, 2001] ou encore des personnes âgées [Hellström et Sarvimäki, 2007].

Par exemple, dans leur étude, Hellström & Sarvimäki [Hellström et Sarvimäki, 2007] ont évalué le sentiment d'auto-détermination de 11 personnes âgées résidant en maison de retraite, et ont observé que les résidents se sentant les moins autodéterminés étaient ceux qui ressentaient la moins bonne qualité de vie. De tels résultats étayaient la supposition de Deci & Ryan vue précédemment concernant les liens entre auto-détermination et santé psychologique.

Au final, le fonctionnement quotidien et la qualité de vie sont déterminés par de nombreux facteurs, notamment le statut cognitif, les ressources sensori-motrices et le sentiment d'auto-détermination.

En corollaire, ces résultats suggèrent que faire levier sur ces facteurs permettrait de maintenir ou améliorer le fonctionnement quotidien d'une personne vieillissante. Ces leviers couvrent un vaste champ de recherche allant de la remédiation cognitive (programmes d'entraînements ou de stimulations (*e.g.*, [Belleville *et al.*, 2006; Robert *et al.*, 2014])), aux aides humaines, en passant par la rééducation et la réhabilitation dans lesquelles, pour ces dernières, préfigurent les aides techniques et plus récemment les aides technologiques que nous proposons de détailler ci-après.

LES GÉRONTECHNOLOGIES

Sommaire

3.1	Outils de classification	23
3.1.1	Outils de classification des gérontechnologies	23
3.1.2	Les technologies ambiantes d'assistance domiciliaire	28
3.2	Etat de l'art sur les technologies ambiantes d'assistance domiciliaire	30
3.2.1	Technologies de soutien aux activités quotidiennes	31
3.2.2	Technologies de soutien à la sécurité	32
3.2.3	Technologies de soutien à la participation sociale et aux loisirs	32
3.2.4	Les logements intelligents	34
3.3	Limites des assistances ambiantes domiciliaires existantes	43



Depuis les années 70, les technologies d'assistance aux personnes âgées sont un domaine en constante expansion (Figure 3.1). D'ailleurs, les études datant maintenant d'une dizaine d'années seulement se basaient sur des technologies telles que le micro-onde, le fax ou les lecteurs VHS pour réaliser leurs évaluations. Nous pouvons ainsi mesurer l'impact de la révolution numérique des dernières années en termes de rapidité de progression de cette discipline, mais aussi soulever le questionnement de la validité de nos résultats dans une dizaine d'années, quand la population des « personnes âgées » aura déjà utilisé un smartphone, une tablette ou tout autre dispositif numérique.

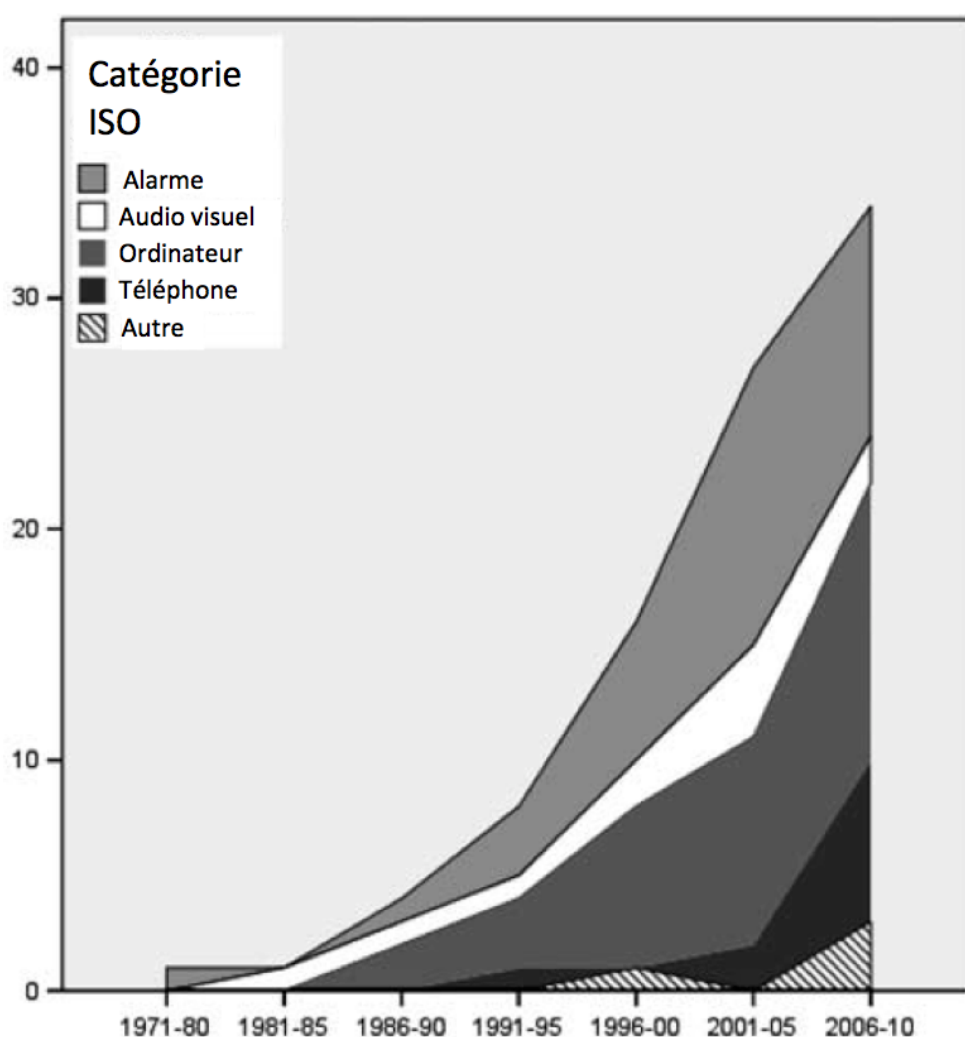


FIGURE 3.1– Nombre d'études publiées pour chaque catégorie de technologie selon la classification ISO [Gillespie *et al.*, 2012]

Un large éventail de solutions a vu le jour, proposant une assistance dans de nombreux

3.1. OUTILS DE CLASSIFICATION

domaines, et compliquant ainsi ici et dans la littérature leur présentation exhaustive. Pour cette raison, des auteurs ont proposés des terminologies pour les classer et circonscrire le périmètre des différentes technologies d'assistance existantes et à venir. Après avoir présenté ces différentes classifications, un état de l'art des gerontechnologies actuelles est proposé, suivi d'un regard critique mettant en exergue les limites de ces technologies et les avancées attendues (et possibles technologiquement) pour mieux servir les besoins de la personne âgée et notamment en termes de maintien à domicile.

3.1 Outils de classification

Parmi les terminologies les plus génériques, les termes de *Technologie d'Assistance* (TA) et de *Gérontechnologie* sont les plus répandus. L'ordre de présentation de ces termes reflète clairement la spécification des outils numériques à une population ou groupes sociaux spécifiques.

Le terme de TA peut être défini pour sa part comme étant « *tout outil, instrumental ou technologique, qui permet d'améliorer ou de maintenir les capacités fonctionnelles d'une personne présentant un handicap* » [Mann *et al.*, 1994; Czaja, 1997]. Ainsi, les TA peuvent inclure à la fois des dispositifs très évolués technologiquement mais aussi des instruments plus rudimentaires tels que des poignées pour les cabines de douche ou des déambulateurs.

Le champ scientifique des « gérontechnologies » se définit comme « *l'étude de la technologie et du vieillissement menée dans le but de concevoir un meilleur cadre de vie et de travail, ainsi que des soins médicaux adaptés aux personnes âgées dépendantes* » [Clément *et al.*, 2005]. Les gérontechnologies correspondent donc aux technologies d'assistance dédiées au public des personnes âgées.

Restant encore très généraliste, des auteurs ont proposé des outils pour classer plus finement ce grand sous-ensemble de TIC¹ que sont les gérontechnologies. Notons que pour notre propos nous avons choisi d'exposer les classifications centrées humains plutôt que les classifications techno-centrées (*i.e.*, basées sur les dimensions/propriétés technologiques ; par exemple voir [Queirós *et al.*, 2015]).

3.1.1 Outils de classification des gérontechnologies

Les différents modèles de classification présentés sont organisés de manière temporelle/historique. Pour chaque classification, les terminologies utilisées sont définies, puis les avantages et limites sont présentés à la lumière de la problématique centrale de la thèse, à savoir : l'assistance à la vie domiciliaire des personnes âgées pour soutenir leur maintien à domicile.

1. Technologies de l'Information et de la Communication

Classification Médicale de Pollack (2005)

Une des premières études à s'être intéressée aux différentes catégories de technologies d'assistance est la revue de question de Pollack [Pollack, 2005]. Selon Pollack, les gérontechnologies peuvent être classées selon la portée sanitaire (prévention - sécurité/soins/dépistage) avec les trois catégories suivantes :

- Les systèmes d'assurance (*assurance systems*)
- Les systèmes de compensation (*compensation systems*)
- Les systèmes de mesure (*assessment systems*)

Les *systèmes d'assurance* ont pour objectif premier d'assurer la sécurité et le bien-être, et de réduire le fardeau de l'aidant en enregistrant les comportements de l'âgé et en fournissant des rapports réguliers à un aidant. Ces systèmes incluent les appareils de télésurveillance, les détecteurs de chutes, ou encore des dispositifs basés sur un ensemble de capteurs fournissant un retour à un aidant.

Les *systèmes de compensation* fournissent une guidance pour les utilisateurs lors de leur réalisation d'activités quotidiennes et peuvent rappeler les activités à réaliser et la manière de les réaliser. Ces systèmes incluent des aides à la navigation, des dispositifs de rappels d'activités ou encore des systèmes de guidage dans la réalisation d'une activité.

Enfin, les *systèmes de mesures* ont pour objectif d'inférer la qualité de la réalisation d'une activité, et par conséquent, le niveau de santé physique et cognitive de l'individu, en se basant sur une observation en continu des performances dans la réalisation d'activités quotidiennes. Ces systèmes se basent principalement sur des ensembles de capteurs évaluant et comparant une performance au cours du temps pour détecter une variation significative cliniquement (dépistage, diagnostic médicaux des maladies associées au vieillissement).

Cette classification présente l'avantage d'être concise et simple, et les technologies d'assistance existantes peuvent s'inclure dans ce modèle de manière assez aisée. Néanmoins, comme le souligne l'auteure, cette classification est en premier lieu dédiée aux technologies médicales d'assistance. Cette visée et orientation médicales sont triplement limitantes. : d'une part, dans le champ d'action des technologies où certains volets de la participation sociale sont omis (*e.g.*, communication et relations sociales, activités bénévoles, de loisirs, jeux *etc.*) bien qu'essentiels au bien-être de la personne. D'autre part, dans le public visé où toutes les personnes âgées présentant un vieillissement réussi (ou du moins ne remplissant pas les critères de dépendance, fort heureusement majoritaires dans la population des plus de 65 ans), sont de facto exclus comme potentiels utilisateurs. Enfin, la portée sanitaire déclarée est stigmatisante, et peut constituer un obstacle à l'acceptation de tels dispositifs par la personne.

3.1. OUTILS DE CLASSIFICATION

Classification par Besoins de Baecker *et al.* (2012)

Un récent et intéressant modèle est celui de Baecker et ses collaborateurs [Baecker *et al.*, 2012]. En effet, sa particularité est de se centrer sur une classification de besoins ou d'utilité motivationnelle pour la personne elle-même. De manière originale, le modèle s'inspire de la bien connue pyramide des besoins d'un individu d'Abraham Maslow [Maslow, 1954] pour classer de manière hiérarchique les dispositifs technologiques assistant la réalisation de ces besoins, des plus « primaires » aux besoins de plus haut niveau.

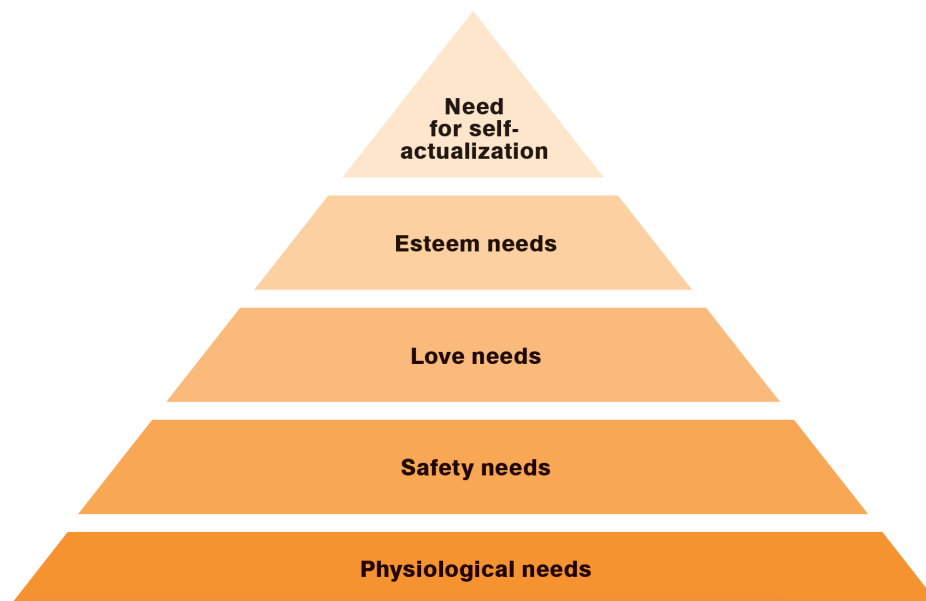


FIGURE 3.2– Hiérarchie des besoins de l'Homme adaptée aux technologies d'assistance [Baecker *et al.*, 2012]

Cinq niveaux sont proposés (Figure 3.2) : les besoins physiologiques, les besoins de sécurité, les besoins d'amour et de lien social, les besoins d'estime, et les besoins d'autoréalisation ou de développement personnel :

- Les *besoins physiologiques* correspondent à la nécessité de pouvoir boire et se nourrir, ou d'être en bonne santé physiologique. Les technologies appartenant à cette catégorie peuvent inclure des sites web fournissant des informations relatives à la santé ou encore des dispositifs de e-santé de surveillance de paramètres physiologiques tels que le rythme cardiaque, le taux de glucose, *etc.*
- Les *besoins de sécurité* correspondent à l'importance de se sentir à l'abri de tout danger réel ou perçu. Etant donné qu'une préoccupation majeure de la population âgée est le risque de chute, les technologies de détection de chutes ou d'alerte en cas de situation inhabituelle s'incluent dans cette catégorie

- Les *besoins d'amour et de lien social* se réfèrent aux besoins d'affection, et au sentiment d'appartenir à une famille et à un ou des cercles sociaux. Dans cette catégorie, s'inscrivent les dispositifs de communication, les jeux collaboratifs ou les outils de partage d'informations
- Les *besoins d'estime* incluent le besoin d'avoir confiance en soi et de se sentir autonome et capable. Les technologies appartenant à cette catégorie incluent de manière générale tous les dispositifs permettant d'apporter ou de soutenir la compétence, l'autonomie à la personne âgée et laissant du contrôle à l'utilisateur
- Les *besoins de réalisation de soi* se réfèrent au besoin d'avoir une identité propre, d'être en accord avec son histoire, son passé et ses convictions. Notamment, les auteurs citent des technologies permettant aux âgés de se remémorer et partager des souvenirs, en particulier chez des sujets avec perte de mémoire

L'intérêt de cette classification est de se baser de manière originale sur la hiérarchie des besoins de Maslow (besoins partagés par tous les individus), plutôt que de se focaliser sur le type de technologie ou son objectif médical d'assistance. Aussi, cette classification n'est pas sans lien avec les modèles motivationnels portant sur les capacités auto-détermination vus précédemment (cf. 2.3.3). Et, ces motivations étant partagées par tous, la classification se prête a priori à toute technologie et tout public sans stigmatisation ou discrimination d'un groupe d'individus. Néanmoins, s'il est aisé de classer des technologies dans les trois premiers niveaux de cette pyramide (technologies pour la santé, technologie pour la sécurité et technologies pour le lien social), les deux niveaux supérieurs de cette pyramide sont plus complexes à appliquer aux technologies d'assistance actuelle. Aussi, il apparaît que certains services ou outils numériques puissent appartenir à plusieurs niveaux de besoins. Par exemple, une messagerie simplifiée pourrait remplir prioritairement le niveau 3 (lien social) mais aussi secondairement le niveau 1 (envoyer une liste de courses pour les repas à venir), le niveau 2 (envoyer un message pour indiquer un problème), le niveau 4 (recevoir de nombreux messages de personnes appréciées nourrit l'estime de soi) et le niveau 5 (envoyer des messages permet de partager son point de vue et renforce certainement l'auto-réalisation). Cet exemple révèle qu'une même technologie peut nourrir les différents besoins de la personnes et qu'il est important de considérer les fonctionnalités et services portés par la technologie pour correctement identifier les besoins qu'elle couvre.

Classification Fonctionnelle de Gillespie (2012)

À côté de cette classification motivationnelle, une autre classification a été élaborée à la suite d'une revue systématique de 91 études portant sur des technologies d'assistance par Gillespie et ses collaborateurs [Gillespie *et al.*, 2012]. Ces derniers ont identifiés plusieurs clés de classifications des technologies d'assistance. En particulier, ils conjuguent des critères technologiques et des critères sanitaires, et justifient cette classification multi-critères

3.1. OUTILS DE CLASSIFICATION

en précisant qu'aucun critère ne permet de catégoriser de manière idéale toutes les technologies d'assistance. Les critères technologiques correspondent au type de dispositif et aux fonctionnalités supportées par la technologie. Concernant les critères sanitaires, les auteurs s'appuient sur ceux établis dans la classification internationale du fonctionnement, du handicap et de la santé (CIFHS, OMS, 2001, cf. 2.2.2), en particulier le type de capacité/fonction suppléée et le type d'activité ciblée.

Sur la base de ces deux catégories de critères, les technologies pour l'assistance cognitive sont alors répertoriées :

- Selon la *catégorie ISO*² de la technologie, incluant : alarmes, audio-visuels, ordinateurs, téléphones, autre ;
- Selon les *fonctionnalités de la technologie*, comprenant : alerter, distraire, guider, se déplacer, rappeler, stocker et afficher, autre (Figure 3.3) ;
- Selon la *fonction cognitive* à assister, comprenant : l'attention, les capacités de calcul, la régulation émotionnelle, l'expérience du soi, les fonctions cognitives de haut niveau (planification et organisation d'une activité, gestion temporelle), la mémoire ;
- Selon les *activités quotidiennes à assister*, identifiées comme étant : l'apprentissage et l'application des connaissances, les tâches générales, la communication, la mobilité, les soins personnels (l'hygiène et l'habillement), la vie domestique, les interactions interpersonnelles, les aspects principaux de la vie (la vie professionnelle et l'éducation), et la vie sociale et civique (Figure 3.3).

Ainsi, un dispositif de guidage par GPS peut être classifié dans les catégories téléphone, guider, expérience de soi, fonctions cognitives de haut niveau et mobilité.

Ce modèle présente l'avantage d'être très exhaustif et de pouvoir ainsi inclure la majorité des technologies d'assistance existantes. Il est d'ailleurs tout à fait applicable dans le cas de recherche d'une technologie en fonction de différentes clés de tri. Aussi, de par sa référence à la CIFHS, il ne se focalise pas sur le diagnostic d'une pathologie (évitant ainsi une stigmatisation) mais adopte un point de vue fonctionnel d'activités quotidiennes à assister. Le modèle met ainsi en exergue le caractère transverse de certaines technologies pour pallier des pertes fonctionnelles où par exemple, un prompteur d'activité peut être utilisé pour des objectifs d'apprentissage ou pour des objectifs de contournement de troubles exécutifs. De fait, les études recensées par les auteurs incluent toutes les pathologies, qu'elles soient neuro-développementales (autisme, trisomie, etc.), neuro-dégénératives (maladie d'Alzheimer, Parkinson, etc.) ou acquises (traumatisme crânien, accident vasculaire cérébral). De plus, la CIFHS étant le référentiel international, cette classification est compréhensible par tous les chercheurs et cliniciens du domaine de la santé et du handicap. À terme, elle pourrait permettre de comparer l'efficacité des technologies sur la base de ces critères connus et partagés dans cette communauté d'acteurs et d'en constituer une connaissance éclairée.

2. International Organization for Standardization (2007). ISO 9999 : Assistive products for persons with disability-classification and terminology. Geneva : ISO

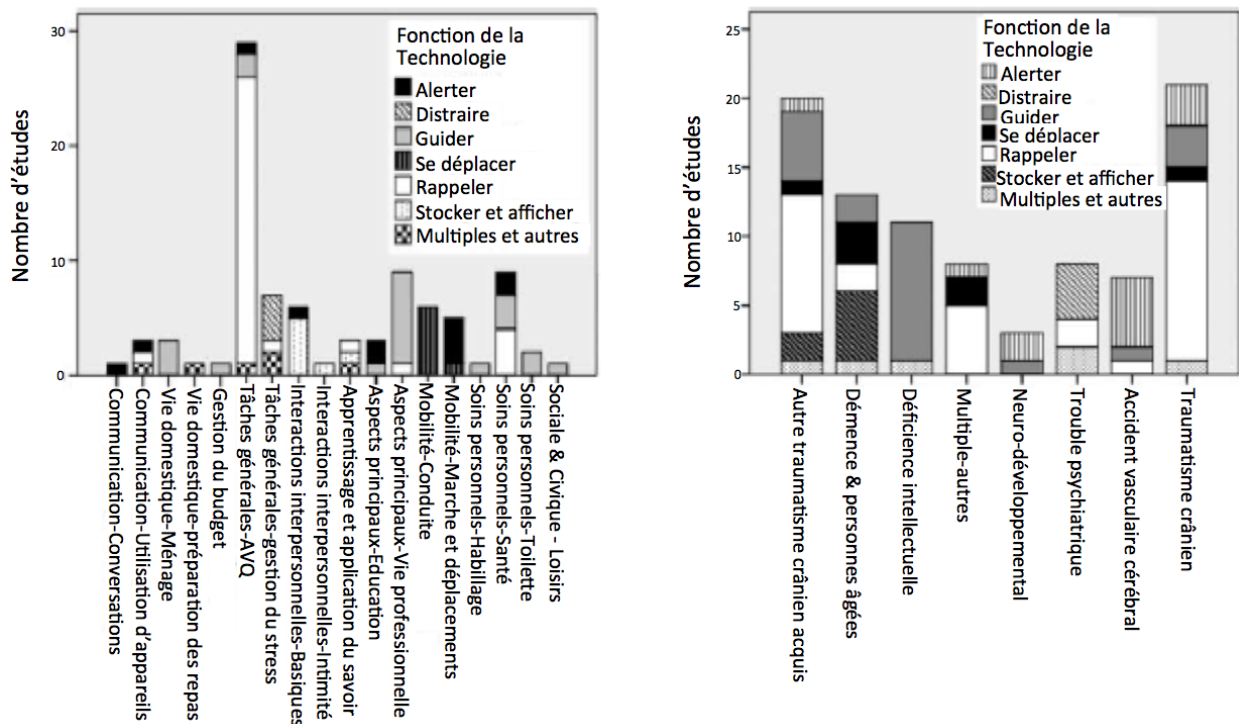


FIGURE 3.3– A gauche : Nombre d'études dans différentes populations cliniques selon les fonctionnalités technologiques ; à droite : Nombre d'études présentant des technologies d'assistance pour chaque activité quotidienne assistée selon les fonctionnalités technologiques [Gillespie *et al.*, 2012]

Aussi complète soit elle, on peut néanmoins regretter que cette classification n'aborde pas les aspects motivationnels, et notamment l'auto-réalisation, comme mis en avant par Baecker *et al.* [Baecker *et al.*, 2012] dans leur propre classification.

Globalement, les modèles de classification des technologies d'assistance présentés ont chacun des points forts et des points faibles. Le champ des technologies couvert par ces classifications est très vaste et en expansion permanente. Pour cette raison, et pour mieux servir notre propos, nous nous concentrerons sur les *technologies ambiantes d'assistance domiciliaire* qui sont au cœur de notre travail. A cet effet, après une définition, nous exposerons un état de l'art le plus précis possible.

3.1.2 Les technologies ambiantes d'assistance domiciliaire

Plus récemment, des études se sont intéressées à la conception de technologies d'assistances pouvant prendre en compte l'environnement et l'utilisateur, pour dispenser une aide uniquement quand la situation le nécessitait. Ainsi est né le concept d'*ambient-assisted*

3.1. OUTILS DE CLASSIFICATION

living (AAL) [Rashidi et Mihailidis, 2013; Queirós *et al.*, 2015], qui peut être traduit par technologies ambiante d'assistance domiciliaire. En effet, ce concept découle du paradigme de l'intelligence ambiante (*ambient intelligence* souvent abrégé *Aml*), ayant pour but de « favoriser les capacités des individus grâce à un environnement numérique sensible et réactif aux besoins des utilisateurs » [Rashidi et Mihailidis, 2013; Sadri, 2011]. De manière plus détaillée et à la suite d'une revue de la littérature, Cook *et al.* [Cook *et al.*, 2009] ont identifié 5 adjectifs pour qualifier le paradigme d'intelligence ambiante : *sensible* (*i.e.*, qui détecte l'environnement dans lequel il se trouve), *réactif* (*i.e.*, qui agit en réponse à une situation détectée), *adaptatif* (*i.e.*, prend en compte l'environnement et l'utilisateur pour agir de manière adéquate), *transparent* (*i.e.*, indétectable ou très discret pour l'utilisateur), et *ubiquitaire* (*i.e.*, disséminé et présent partout).

Ces assistances ambiantes domiciliaires (que nous nommerons ultérieurement AAD pour faciliter la lecture) impliquent l'usage d'un ensemble de capteurs et actionneurs pour ainsi capter et agir sur l'environnement. Deux types de capteurs sont utilisés [Rashidi et Mihailidis, 2013] :

- Des *capteurs environnementaux* : incluant par exemple des détecteurs de mouvement, des contacteurs, actionneurs, des puces RFID³ ou encore des caméras
- Des *capteurs mobiles ou portés* : incluant notamment tous les capteurs présents dans les smartphones (accéléromètre, capteur de proximité, GPS, *etc.*) ou encore les capteurs placés sur le corps ou dans les vêtements (*e.g.*, [McAdams *et al.*, 2011]) et permettant d'approximer des fonctions physiologiques, notamment l'activité cardiaque, le taux de glucose ou la température corporelle.

D'ailleurs, dès 2005, Pollack [Pollack, 2005] que nous avons citée plus haut, présentait les capteurs existant et explicitait les possibles rôles de ces capteurs (Figure 3.4). Son modèle met en avant l'idée que différents capteurs peuvent être impliqués dans le même objectif, et qu'ils nécessitent d'être orchestrés et analysés de manière intelligente pour obtenir des informations de plus haut niveau.

Pour citer une fois encore la revue de littérature de Rashidi & Mihailidis, les auteurs identifient trois domaines dans lesquels les AAD peuvent apporter un support aux personnes âgées :

- Les activités quotidiennes
- La sécurité de la personne et de son domicile
- La participation sociale et le loisir

Ainsi, comparé aux modèles de classification présentés précédemment, les deux auteurs ont fait le choix de se baser sur les activités quotidiennes à assister, ce qui reprend une des catégories de Gillespie *et al.*, et se focalisent sur les trois premiers niveaux de la pyramide

3. *Radio Frequency Identification* – Identification par fréquence radio

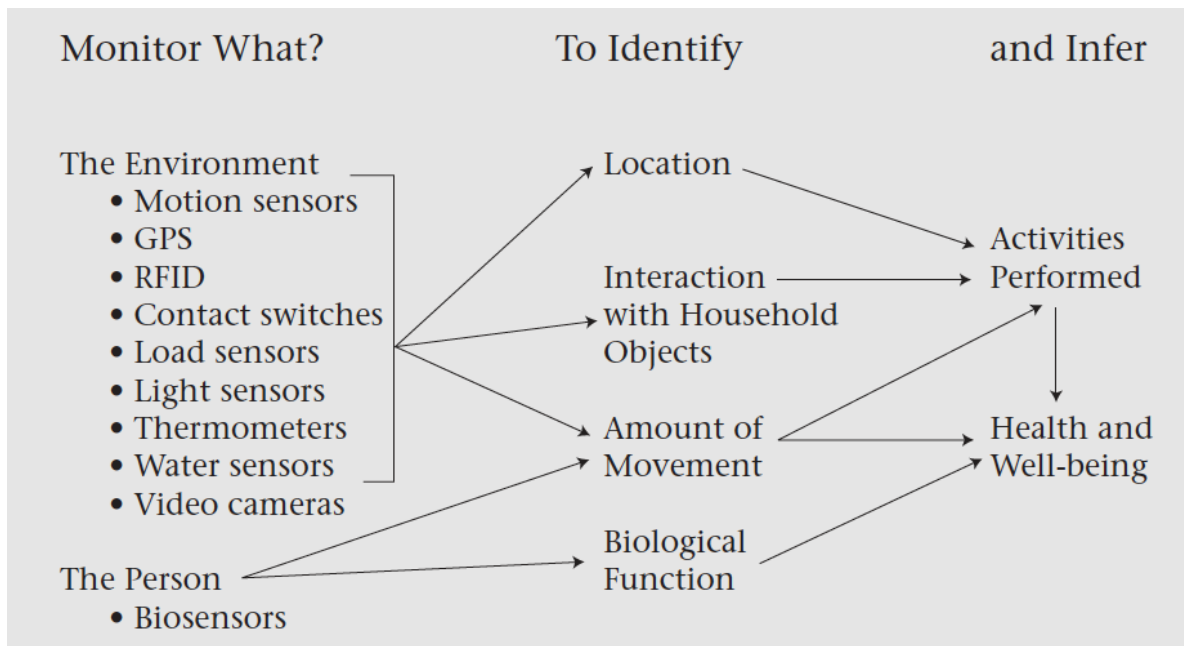


FIGURE 3.4– Types de capteurs impliqués dans les systèmes d’assurances ambiantes domicilières, et leurs différents rôles [Pollack, 2005]

hiérarchique proposée par Baecker et ses collaborateurs. Dans ce contexte, nous avons choisi d’adopter cette classification par domaine d’activité pour présenter les AAD existantes.

3.2 Etat de l’art sur les technologies ambiantes d’assistance domiciliaire

Comme indiqué précédemment, nous avons réalisé ici un état de l’art sur les AAD existantes selon le domaine d’activité ciblé : soutien aux activités quotidiennes, soutien à la sécurité, et soutien à la participation sociale.

Nous présenterons tout d’abord une vision globale des AAD existantes pour chaque domaine d’AAD, puis une vision détaillée sera présentée sous la forme de tableau récapitulatif, incluant à la fois des technologies issues de la recherche et des technologies commercialisées (Table 3.1). Ainsi, la référence, le nom et une description du fonctionnement seront présentés. Afin de mettre en avant les dispositifs multi-tâches et multi-domaines, nous identifierons les types d’assurances apportés parmi les trois domaines d’AAD (*i.e.*, activités quotidiennes, sécurité, participation sociale et loisirs). De plus, le niveau de maturité (*i.e.*, prototype, déploiement en situation réelle, commercialisé) et des informations sur la présence de notifications ou de rapports envoyés à l’utilisateur ou à son aidant seront aussi explicités (ou envisagés, dans le cadre de dispositifs uniquement testés en laboratoire).

3.2. ETAT DE L'ART SUR LES TECHNOLOGIES AMBIANTES D'ASSISTANCE DOMICILIAIRE

Notons bien que cet état de l'art n'a pas la prétention d'être exhaustif, et que des méthodes de revue systématique n'ont pas été appliquées (e.g., méthode PRISMA). Cette présentation d'AAD a plutôt un objectif de veille technologique, d'inspiration et de comparaison destinés à la conception de notre dispositif d'assistance numérique domiciliaire.

Pour rappel, nous nous focaliserons ici sur les AAD à destination de personnes âgées avec déclin cognitif mais sans pathologie cognitive « avérée ou probable ». Aussi, les technologies d'assistance consacrées aux personnes âgées présentant une démence, apportant notamment une guidance pour la réalisation d'une activité quotidienne (e.g., le système COACH de [Mihailidis *et al.*, 2008] ou assistant dans les déplacements extérieurs (e.g., le dispositif IMP de [Morris *et al.*, 2003]) ne seront pas visitées ici.

3.2.1 Technologies de soutien aux activités quotidiennes

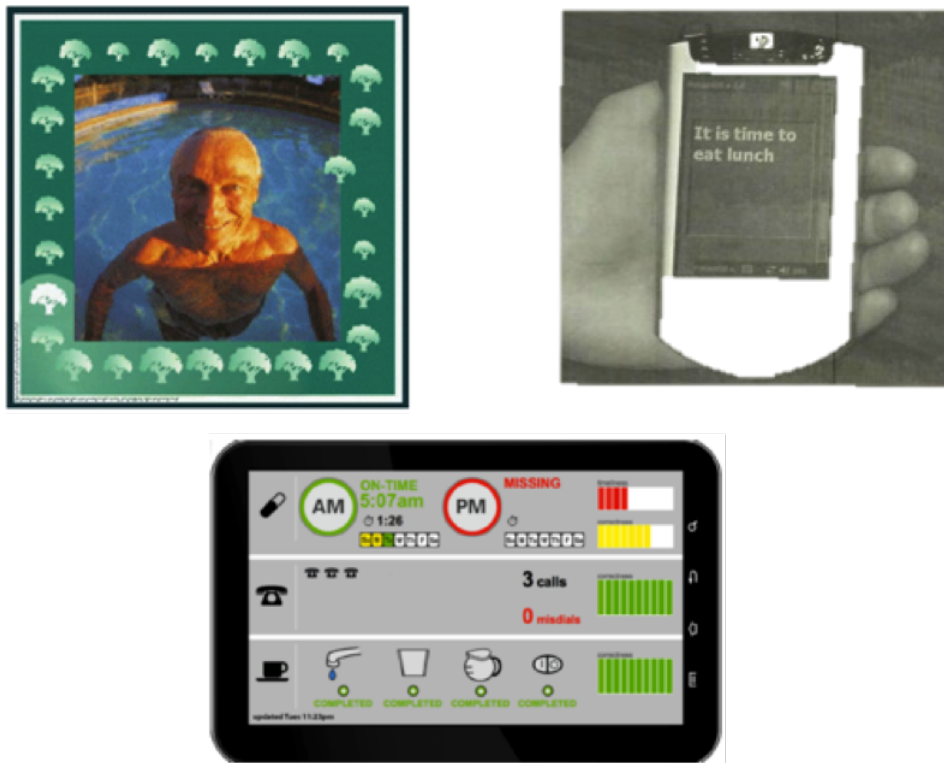


FIGURE 3.5– Exemples d'AAD de soutien aux activités quotidiennes. De gauche à droite : Digital Family Portrait [Rowan et Mynatt, 2005], TabPill [Lee et Dey, 2014] et Autominder [Pollack *et al.*, 2003].

Parmi les dispositifs présentés ci-après, nous pouvons identifier trois types d'assistances majeures : l'aide à la prise de médicaments, le rappel de rendez-vous ou d'activités à réaliser, et le monitoring (ou détection) de la réalisation des AVQ (Figure 3.5).

Ces dispositifs peuvent être issus du monde de la recherche, et ainsi testés en laboratoire ou déployés en situation expérimentale ; ou conçus dans un objectif de commercialisation. En parallèle, ces dispositifs fournissent un retour à l'utilisateur et/ou un retour à un aidant. Ces retours peuvent prendre la forme de rappel en cas d'activité non réalisée (e.g., [Pollack *et al.*, 2003], ou fournir à l'utilisateur et/ou à l'aidant une appréciation plus globale sur les activités réalisées de la journée ou de plusieurs jours consécutifs (e.g., Lively ; [Lee et Dey, 2014; Rowan et Mynatt, 2005]).

Il est important de noter que la conception des interfaces dispensées aux utilisateurs fait le plus souvent appel à des techniques de conception centrée-utilisateur, *i.e.*, basés sur des principes et préconisations adaptés à la population âgée (e.g., ISO/TR 22411 ; [Mulvenna *et al.*, 2011; Gil *et al.*, 2007]) et/ou sur des itérations avec des utilisateurs pour tenter de s'adapter au mieux aux besoins et capacités de ces derniers (e.g., [Rowan et Mynatt, 2005; Lee et Dey, 2011]) (voir aussi chapitre 4.1 pour plus de détails sur les techniques de conception).

3.2.2 Technologies de soutien à la sécurité

Une application majeure des AAD dans le domaine de la sécurité est la détection de chutes (Figure 3.6). Cette détection peut être faite grâce à des capteurs portés, mesurant notamment la posture et les mouvements (e.g., [Wu et Xue, 2008]) ou des capteurs ambiants tels que des capteurs de mouvements ou de pression au sol (e.g., [Alwan *et al.*, 2006]).

La seconde application majeure des AAD concerne les systèmes de télévigilance ou télésurveillance (e.g., HealthSense ou SeniorAdom) et d'alerte à un aidant en cas de situation inhabituelle détectée (en se référant aux habitudes de la personne) (e.g., [Rowe *et al.*, 2007]). Très étudié dans le monde de la recherche, de nombreux dispositifs sont de nos jours disponibles dans le commerce, permettant d'envoyer un SMS ou un mail en cas de situation inhabituelle détectée par le système (e.g., ePill). Néanmoins, la très grande majorité des dispositifs présents dans le commerce ne sont pas validés expérimentalement.

Ensuite, il existe des dispositifs de surveillance des appareils électriques (e.g., [Meiland *et al.*, 2007]), des détecteurs de fumée (e.g., [Chan *et al.*, 2005]), des dispositifs de surveillance de la porte d'entrée (e.g., SeniorAlerte, Telegraphik), de détections de sorties nocturnes [Rowe *et al.*, 2007], et des dispositifs de chemin lumineux [Augusto *et al.*, 2014], dont les fonctionnalités technologiques ont été validées comme en témoignent les études. Elles manquent malgré tout généralement d'une validation *in situ* avec de vrais usagers âgés (parmi les solutions présentées précédemment, seuls les dispositifs COGKNOW [Davies *et al.*, 2009] et CareWatch [Rowe *et al.*, 2007] ont mis en place une phase de validation au domicile de participants âgés).

3.2.3 Technologies de soutien à la participation sociale et aux loisirs

Les technologies de soutien à la participation sociale (exemples illustrés en Figure 3.7) permettent aux personnes âgées de réduire leur sentiment d'isolement, ou plutôt comme le

3.2. ETAT DE L'ART SUR LES TECHNOLOGIES AMBIANTES D'ASSISTANCE DOMICILIAIRE



FIGURE 3.6– Exemples d'AAD de soutien à la sécurité. En haut : HealthSense (www.healthsense.com), en bas : NOCTURNAL [Augusto *et al.*, 2014].

proposent Lindley *et al.* [Lindley *et al.*, 2008] de renforcer les liens sociaux existants. Ainsi, les systèmes proposés peuvent prendre plusieurs formes : les AAD peuvent fournir des moyens de communication simplifiés (*e.g.*, systèmes de visio-conférence, email simplifié, dispositifs audio) (*e.g.*, [Baecker *et al.*, 2014; Magnusson et Hanson, 2012]). Ensuite, certains dispositifs proposent des jeux collaboratifs avec ses proches (*e.g.*, [Shim *et al.*, 2010]), ainsi que des supports multimédias (musique, liseuse, vidéos, *etc.*) [Helal *et al.*, 2005; Davies *et al.*, 2009] pour réduire l'ennui souvent ressenti par les âgés [Dykstra, 2009]. Néanmoins, comme le remarque Al-Shaqi *et al.* [Al-Shaqi *et al.*, 2016], les technologies de loisirs sont souvent ignorées, alors qu'elles participent tout autant au bien-être des âgés. Enfin, il existe des dispositifs permettant tout simplement de signifier une présence : les systèmes conçus par Huber *et al.* [Huber *et al.*, 2013] informent si un aidant se trouve proche de l'horloge ou du pot de fleur connectés, le cadre photo de Baecker *et al.* [Baecker *et al.*, 2014] peut envoyer un simple « coucou » (icône en bas à droite de leur cadre photo) pour exprimer que la personne âgée pense à son proche.

Nous pouvons cette fois encore noter le travail de développement technologique et de conception des interfaces proposées dans ces différentes AAD, avec notamment des dispo-

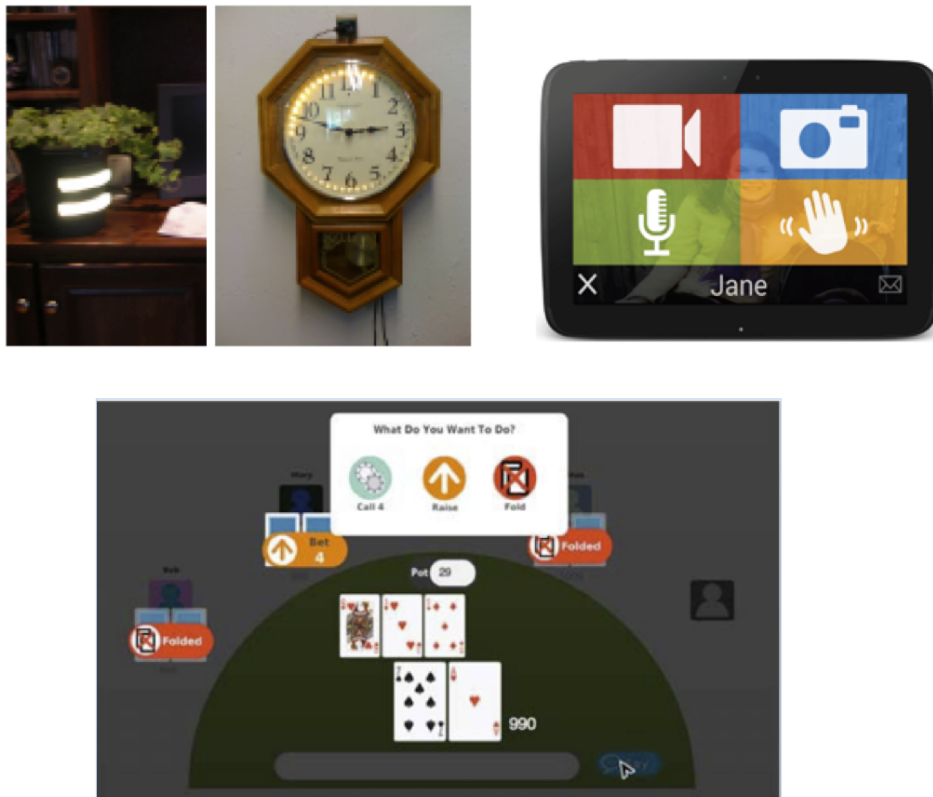


FIGURE 3.7– Exemples d’AAD de soutien à la participation sociale. De gauche à droite : Ambient Plant et Presence Clock [Huber *et al.*, 2013], InTouch [Baecker *et al.*, 2014], et TalbTalk Poker [Shim *et al.*, 2010].

sitifs incorporés dans des objets courants du domicile : cadre photo, pot de fleur, horloge, miroir ; rendant ainsi le dispositif discret et intégré au domicile. Mais là encore, ces travaux demeurent dans le domaine des sciences du numériques et s’associent à peu d’arguments expérimentaux relatifs aux usages et à l’efficacité de ces produits pour la personne âgée.

3.2.4 Les logements intelligents

En complément de ces différents dispositifs, et afin de compenser l’aspect « en silo » (*i.e.*, n’assistant qu’une activité à la fois) existent les systèmes de logements intelligents (plus connus sous le nom de *Smart Homes*). Un logement intelligent peut être défini comme étant un domicile augmenté par l’ajout de capteurs et actionneurs⁴, orchestrés de manière intelligente pour dispenser une assistance favorisant le maintien à domicile (pour revues,

4. Dispositifs technologiques permettant de détecter et/ou d’agir sur l’environnement (*e.g.*, capteurs de mouvements, contrôleurs de prise, capteurs de contact)

3.2. ETAT DE L'ART SUR LES TECHNOLOGIES AMBIANTES D'ASSISTANCE DOMICILIAIRE

voir [Chan *et al.*, 2008; Tomita *et al.*, 2010; Morris *et al.*, 2013]). Ces logements intelligents peuvent être conçus en laboratoire, et testés par la venue de sujets réalisant des tâches (e.g., la Gator Tech Smart House ou l'appartement DOMUS); ou conçus à la manière de résidences intelligentes dans lesquelles des utilisateurs âgés peuvent vivre (e.g., Oatfield Estates en Oregon; TigerPlace, de [Rantz *et al.*, 2008]). Néanmoins, ces deux cas de figures présentent l'inconvénient majeur de déplacer la personne âgée de son environnement familial, et donc le risque de perturber les habitudes de vie qu'elle a mise en place pour maintenir son adaptation comportementale quotidienne.

Même si des dispositifs commerciaux commencent à voir le jour (e.g., CarePredict Tempo, SeniorAlerte), il existe actuellement très peu de logements intelligents conçus pour s'adapter à n'importe quel logement et le rendre intelligent, permettant ainsi à l'âge de rester dans son domicile. Par exemple, le logement intelligent CASAS conçu dans un premier temps en laboratoire, est depuis récemment testé sous la forme d'un « kit » installable dans n'importe quel appartement (elle a d'ailleurs été renommée pour l'occasion *Smart Home in a Box - SHiB*) [Hu *et al.*, 2016].

Tomita et ses collaborateurs [Tomita *et al.*, 2007] ont réalisé sur une période de 2 ans un déploiement expérimental d'un ensemble de capteurs au domicile de 46 personnes âgées et ont évalué les bénéfices induits par l'utilisation de cette technologie. Les mesures d'efficacité comprenaient le statut fonctionnel (grâce aux questionnaires Functional Independence Measure [Keith *et al.*, 1987] et OMFAQ), la santé (en questionnant notamment le nombre de jour d'hospitalisation et le nombre de médicaments pris), les habilités physiques (à l'aide du Craig Handicap Assessment and Reporting Technique Mobility; [Whiteneck, 1992] et le fonctionnement cognitif (à l'aide du MMSE, [Folstein *et al.*, 1975] des utilisateurs, comparés à un groupe contrôle. Les résultats de cette étude ont montré un maintien significatif (par rapport au groupe contrôle) du fonctionnement physique et cognitif des personnes âgées utilisant la smart home, alors que le groupe contrôle s'est trouvé déclinant sur ces deux dimensions.

Si cette étude peut présenter des limites, notamment en termes de fonctionnalités d'assistance proposés par la plateforme, les résultats rapportés sont d'une part encourageant en termes d'intérêt de ce type de dispositif pour le maintien à domicile des personnes âgées et, d'autre part, c'est à notre connaissance l'étude expérimentale *in situ* la plus robuste pour ce type de dispositif.

Référence	Nom de la solution	Description	AVQ	Secu-rité	Lien social	Notification Aidant/Aidé	Niveau de maturité	Participants, méthodologie et effets rapportés
[Szymkowiak et al., 2004]	MemoJog	Dispositif de rappel d'activités basé sur un PDA ⁵ . Les rendez-vous peuvent être rentrés par l'utilisateur ou son aidant via Internet	✓	–	–	Non/Oui	Déployé expérimentalement	Validation de l'utilisabilité (10 tâches à réaliser) par 6 participants jeunes et âgés pendant 2 semaines.
[Rowan et Mynatt, 2005]	Digital Family Portrait (DFP)	Monitoring d'AVQ à l'aide de caméras, micros, capteurs infra-rouge et RFID, sonar, tactile. 4 types d'informations sont récoltées : Santé, Relations sociales, Activités, Événements. Un cadre photo affichant des informations relatives aux AVQ réalisées est disposé dans le logement de la famille	✓	–	✓	Oui/Oui	Déployé expérimentalement	Testé pendant 1 an chez une mère âgée et son fils. Les participants devaient renseigner un journal pour indiquer les activités réalisées (qui étaient comparées avec les données captées) et les utilisations du DFP (utilisabilité).
www.mylively.com	Lively	Ensemble de 5 capteurs accélérométriques placés sur des objets probants (e.g., frigo, clés, dressing) pour détecter la réalisation d'activités. Retour à l'utilisateur et son aidant via une application sur smartphone et un site web	✓	–	–	Oui/Oui	Produit commercial depuis 2013	

5. Personal Digital Assistant

[Lee et Dey, 2014]	TabPill	Monitoring de la prise de médicaments, des utilisations du téléphone, et de la cafetière, par ajout de capteurs sur ces objets. Retour à l'utilisateur sur une tablette	✓	–	–	Non/Oui	Déployé expérimentalement	Déploiement de TabPill chez 12 participants âgés (6 équipés et 6 contrôles) pendant 10 mois. Mesures de la bonne prise des médicaments (grâce aux données des capteurs) et de l'auto-efficacité perçue (questionnaires).
[Pollack <i>et al.</i> , 2003]	Autominder	Rappel d'activités basé sur du <i>machine learning</i> pour détecter les actions non réalisées.	✓	–	–	Non/Oui	Prototype en laboratoire	Tests des algorithmes de détection d'activité en laboratoire.
[Davies <i>et al.</i> , 2009]	COGKNOW Day Navigator	Capteurs ainsi qu'une interface TV dispensant notamment des rappels de rendez-vous, des supports multimédias, un système de visio-conférence, une surveillance des portes et appareils électriques ainsi que d'un contrôle à distance des lampes	✓	✓	✓	Oui/Oui	Déployé expérimentalement	Testé pendant 4 semaines par 16 participants âgés et leur aidant. Interviews réalisées pré- et post- déploiement concernant l'utilisabilité du dispositif
[Hu <i>et al.</i> , 2016]	CASAS	Kit de capteurs (capteurs de mouvements, de contact et de température) facilement déployables, détectant la réalisation d'AVQ et les changements au cours du temps en se basant sur du <i>machine learning</i> .	✓	–	–	Non/Non	Déployé expérimentalement	Déploiement pendant 10 semaines chez 13 participants âgés. Évaluation de l'auto-installation du kit (nombre d'erreurs) et questionnaire d'utilisabilité du kit.

[Rahal <i>et al.</i> , 2008]	DOMUS	Ensemble de capteurs permettant notamment la détection de la réalisation d'AVQ, la télévigilance avec alerte à un aidant, le rappel et le guidage d'activités.	✓	✓	–	Oui/Oui	Prototype en laboratoire	Tests des algorithmes de détection d'activité en laboratoire
[Tomita <i>et al.</i> , 2007]		Capteurs filaires domotiques (contrôles des lampes, de la cafetière, interphone, capteurs de contacts sur les portes et les fenêtres).	✓	✓	–	Non/Oui	Déployé expérimentalement	Installés dans 46 domiciles pendant 2 ans, groupe contrôle de 67 participants. Mesures du statut fonctionnel, cognitif, physique et de santé. Effets positifs obtenus.
[Helal <i>et al.</i> , 2005]	Gator Tech Smart House	Nombreux capteurs et des interfaces tactiles inclus dans la maison, dispensant notamment une détection des chutes, d'un système de rappel, détecte la réalisation d'AVQ, d'un système de mail simplifié et de visio-conférence.	✓	✓	✓	Non/Oui	Prototype en laboratoire	Architecture logicielle et matérielle validée.
[Van den Bossche <i>et al.</i> , 2016]	PROSAFE (Toulouse)	Capteurs mesurant les paramètres ambiants, la sécurité du domicile (gaz, fumée, fuite d'eau) et de la personne (chute, malaise), et proposant des dispositifs d'assistance aux activités quotidiennes (pilulier électronique, éclairage automatique,...)	✓	✓	–	Oui/Oui	Prototype en laboratoire	Architecture logicielle et matérielle validée.

[Rowe <i>et al.</i> , 2007]	CareWatch	Détecte les sorties imprévues la nuit grâce à des capteurs de mouvement, de contacts et d'occupation du lit. Alerte à un aidant via un ordinateur.	–	✓	–	Oui/Non	Déployé expérimentalement	Testé pendant 7 mois auprès de 11 familles d'enfants avec autisme, puis plus d'un an au domicile de 27 participants âgés (et 28 contrôles). La qualité du sommeil des aidants et le nombre de sorties du domicile furent réduites.
[LeBellego <i>et al.</i> , 2006]	HIS (Grenoble)	Capteurs de mouvements et capteurs de contacts permettant la détection des déplacements et inactivités dans l'appartement.	✓	✓	–	Non/Non	Prototype en laboratoire	Algorithmes de détection validés par la venue régulière d'un participant âgé pendant un an.
www.epill.com/md2.html	ePhill	Monitore la prise de médicaments à l'aide d'un boîtier augmenté de capteurs et peut envoyer un mail ou SMS à un aidant en cas d'oubli.	✓	–	–	Oui/Oui	Produit commercial depuis 1999	
www.medsignals.com	MedSignals	Rappelle et détecte la prise de médicaments à l'aide d'un boîtier augmenté de capteurs. Un rapport par mail ou SMS est envoyé à un aidant régulièrement.	✓	–	–	Oui/Oui	Produit commercial depuis 2008	
www.carepredict.com	CarePredict Tempo	Grâce à un bracelet, les routines dans la réalisation des AVQ sont enregistrées, concernant les heures de sommeil	✓	–	–	Oui/Non	Produit commercial depuis 2014	

		et la quantité de mouvements réalisés. Retour à l'aidant via une application sur smartphone et un site web						
www.healthsense.com	HealthSense	Capteurs permettant de monitorer le lever et le coucher, la toilette, les passages aux toilettes, les ouvertures de porte d'entrée, les repas et les déplacements. Alertes aux aidants paramétrables et dépistage des modifications critiques d'activités.	✓	✓	–	Oui/Non	Produit commercial depuis 2013	
www.senioradom.com	SeniorAdom	Détecte les chutes, les ouvertures/fermetures de porte et possède un détecteur de fumée. Une alerte est envoyée à un aidant en cas d'urgence.	–	✓	–	Oui/Non	Produit commercial depuis 2014	
www.senioalerte.com	SeniorAlerte	Dispositif constitué de 4 capteurs de mouvements, d'un capteur de contact et d'un collier de téléassistance. Permet de détecter la réalisation des AVQ et d'alerter un aidant et/ou la centrale de téléassistance en cas de situation inhabituelle.	✓	✓	–	Oui/Non	Produit commercial depuis 2008	

www.telegrafik.fr	Telegraphik	Dispositif constitué de 4 capteurs de mouvement et d'un capteur de contact, permettant de détecter la réalisation d'AVQ et d'envoyer une alerte SMS à un aidant en cas de situation inhabituelle.	✓	✓	–	Oui/Non	Produit commercial depuis 2013	
[Shim <i>et al.</i> , 2010]	TableTalk Poker	Jeu de poker en ligne présentant une interface adaptée aux utilisateurs âgés.	–	–	✓	Non/Oui	Prototype en laboratoire	Testé avec 5 utilisateurs âgés. Observations et interviews concernant l'utilisabilité et les interactions entre joueurs.
[Augusto <i>et al.</i> , 2014]	NOCTURNAL	Système constitué de capteurs et d'une tablette tactile, pour fournir une assistance nocturne. Notamment, un chemin lumineux, et des supports multimédias sont dispensés à l'utilisateur. Un rapport des activités nocturnes est fourni à un aidant.	✓	✓	–	Oui/Oui	Déployé expérimentalement	Recueil des besoins grâce à des focus groups incluant 4 âgés et 5 aidants, puis test de la fiabilité du système pendant 11 jours dans 5 domiciles.
[Magnusson et Hanson, 2012]	ACTION	Dispositif basé sur un ordinateur fournissant aux aidants des supports multimédias pour améliorer leurs techniques d'assistance. Un système de visio-conférence est aussi mis à disposition de l'agé.	–	–	✓	Oui/Oui	Déploiement dans différents pays (projet européen réalisé de 2000 à 2013)	Déployé chez plus de 300 utilisateurs. Évaluations par interviews auprès d'agé, d'aidants familiaux et professionnels. Réduction du stress des aidants, retours positifs concernant l'utilisabilité et l'efficacité du dispositif.

[Cornejo <i>et al.</i> , 2013]	Tlatoque	Cadre photo numérique communiquant via Facebook pour publier et lire des informations. Les interactions se font sur une tablette tactile, et des feedbacks sont fournis par des objets ambiants : cadre photo, bol décoratif, miroir.	–	–	✓	Non/Oui	Déployé expérimentalement	Déployé pendant 21 semaines chez 2 familles. Les interviews évaluant l'efficacité et l'impact sur le lien familial ont montré des résultats positifs sur ces différentes dimensions.
[Huber <i>et al.</i> , 2013]	Presence Clock & Ambient Plant	Une horloge/un pot de fleur augmentés de LED et d'un capteur de mouvements sont installés chez la personne âgée et sont aidant. L'objet augmenté chez la personne âgée s'allume quand son aidant est devant l'horloge/le pot de fleur, et inversement.	–	–	✓	Oui/Oui	Déployé expérimentalement	Testé pendant 6 semaines au domicile de 6 participants. Interviews téléphoniques et en personne sur la satisfaction, les problèmes rencontrés et les contacts réalisés. Retours positifs.
[Baecker <i>et al.</i> , 2014]	InTouch	Grâce à un cadre photo numérique, l'utilisateur âgé peut recevoir des photos, des vidéos et des messages audio.	–	–	✓	Oui/Oui	Déployé expérimentalement	Testé avec une famille pendant 7 semaine grâce à des interviews, des observations et l'analyse des données d'utilisation. Résultats positifs en termes d'utilisation et de renforcement du lien social. Mise en évidence d'améliorations à apporter.

3.3 Limites des assistances ambiantes domiciliaires existantes

Au total, depuis ces dernières années, nous sommes face à une expansion des dispositifs domiciliaires basés sur une intelligence ambiante. Cependant, ces AAD présentent certaines limitations. Nous pouvons en dénombrer au moins quatre types :

1. **Absence ou faiblesse de validation expérimentale** : Même si de plus en plus d'AAD sont maintenant déployés expérimentalement, la plupart des études se focalisent sur l'utilisabilité⁶ ou l'expérience utilisateur⁷ du dispositif, ou simplement sur l'efficacité des algorithmes de traitement des données. Ainsi, la majorité des études omet une validation expérimentale concernant les bénéfices de santé (effets thérapeutiques) apportés dans l'amélioration de la qualité de vie des utilisateurs et de leurs aidants [Blaschke *et al.*, 2009; Demirir *et al.*, 2008]. De plus, comme l'ont montré Liu et ses collaborateurs dans leur récente revue de la littérature [Liu *et al.*, 2016], seulement 18,75% des études sur les technologies d'assistance incluent un groupe contrôle. De plus, nous pouvons aussi souligner le manque d'évaluation du niveau d'acceptabilité⁸ des utilisateurs finaux [Or et Karsh, 2009].
2. **Manque d'implication des aidants** : Que ce soit dans le domaine de la recherche ou celui de la Silver Economie (dispositifs commerciaux), les aidants sont peu pris en compte. Notamment Blaschke *et al.* [Blaschke *et al.*, 2009] mettent en avant le fait que les aidants professionnels sont souvent peu informés des AAD existantes, et de leur impact sur leurs pratiques de travail. De plus, l'impact des AAD sur le fardeau des aidants est rarement évalué, alors qu'il a été démontré que la réduction du fardeau de l'aidant est un facteur important dans l'acceptabilité du dispositif par les âgés [Huber *et al.*, 2013; Luijkx *et al.*, 2015].
3. **Conception techno-centrée** : Beaucoup de dispositifs, de laboratoire ou commerciaux, se basent uniquement sur des pré-conceptions ou représentations stéréotypées des chercheurs en informatique ou concepteurs à propos des besoins des personnes âgées ou les demandes du marché [Or et Karsh, 2009; Chan *et al.*, 2008; Durick *et al.*, 2013]. Ainsi, les besoins et capacités des utilisateurs et de leurs aidants ne sont pas

6. Selon le standard ISO, l'utilisabilité est définie comme le « degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié » (ISO 9241-11,1998). Le concept d'utilisabilité est abordé plus en détails en section 4.1.3.

7. L'expérience utilisateur (*User Experience* ou UX) peut être définie comme « l'ensemble des affects provoqués par l'interaction d'un utilisateur avec un produit » [Law *et al.*, 2009]. Cela inclut notamment l'esthétique, les émotions, le plaisir, l'ergonomie [Brajnik et Giachin, 2014]. L'UX est généralement évaluée grâce à des questionnaires, les plus répandus étant les questionnaires AttrakDiff [Hassenzahl, 2004] et l'échelle de Davis & Venkatesh [Davis et Venkatesh, 1996].

8. L'acceptabilité des technologies peut être définie comme étant « l'intention d'utiliser une technologie, ou l'utilisation réelle d'une technologie » [Davis, 1989]. Ce concept est abordé plus en détail en section 4.2.

toujours pris en compte, limitant comme nous le verrons dans le prochain chapitre, l'acceptabilité et donc, l'adoption des dispositifs. Il est pourtant primordial de mettre en place une démarche de conception centrée sur l'utilisateur, initiée par les besoins et demandes des utilisateurs finaux, pour assurer une meilleure acceptabilité et une adoption des dispositifs.

4. **Technologies en silo et manque d'uniformisation des dispositifs** : Bien qu'il existe de plus en plus de dispositifs destinés à la fois aux activités quotidiennes et à la sécurité de la personne, la majorité des AAD reste en silo (notamment les AAD de soutien à la participation sociale). Comme illustré par notre analyse de la littérature, cette caractéristique induit une multiplication des dispositifs avec l'augmentation et la diversification des besoins d'assistance, alors qu'il a été démontré qu'un maximum de trois dispositifs d'assistances devrait être fournis à une personne âgée pour qu'ils soient acceptés et utilisés [Scherer, 2012]. Dans la continuité de cette idée, un manque d'uniformisation des dispositifs est observé, que ce soit en termes d'interfaces proposées aux utilisateurs, mais aussi concernant les protocoles d'orchestration des capteurs, qui sont très variables. Une interopérabilité entre les dispositifs ainsi qu'une uniformisation des interfaces permettraient une transmission des données et ainsi une interaction uniforme et simplifiée (et donc plus accessible) avec les différents dispositifs présents dans le domicile de l'utilisateur.

Pour résumer ce chapitre, de plus en plus de dispositifs d'assistance aux personnes âgées existent sur le marché et dans le monde de la recherche. Parmi les dispositifs existants, nous nous inscrivons dans la catégorie des technologies d'assistance domiciliaires basées sur l'intelligence ambiante. Les AAD peuvent fournir une assistance sur trois dimensions : les activités quotidiennes, la sécurité de la personne et de son domicile, et la participation sociale. Cependant, telles que mis en lumière par les limites identifiées, même si les dispositifs sont de plus en plus adaptés à la population âgée, des efforts de conception et de validation expérimentale sont encore à fournir pour, d'une part, convaincre les acteurs des systèmes de santé de l'intérêt clinique de ces systèmes pour le prolongement du maintien à domicile, et d'autre part promouvoir une meilleure acceptabilité et une utilisation ou adoption sur le long terme des dispositifs d'assistance par les personnes âgées. Ce dernier volet, cœur d'intérêt de notre travail, est l'objet du prochain chapitre.

4

CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEUR & ACCEPTABILITÉ DES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

Sommaire

4.1	Modèles et méthodes de conception centrée-utilisateurs	46
4.1.1	Le modèle environnemental de compensation (Morrow & Rogers, 2008)	47
4.1.2	Modèle de conception pour un vieillissement réussi (Lindenberger <i>et al.</i> 2008)	48
4.1.3	Techniques de conception participative	50
4.1.4	Modèle de Conception des technologies d'assistance pour les âgés . . .	52
4.2	Les modèles d'acceptabilité	54
4.2.1	Premiers modèles d'acceptabilité des technologies	54
4.2.2	Modèles d'acceptabilité des technologies pour la population âgée	59



CHAPITRE 4. CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEUR & ACCEPTABILITÉ DES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

Comme le montre notre analyse de la littérature proposée lors du chapitre précédent, les technologies d'assistance aux personnes âgées sont de nos jours un domaine majeur. De plus, contrairement aux idées reçues, aujourd'hui, les âgés sont sensibles aux technologies [Czaja *et al.*, 2006]. En dépit de cela, une fracture technologique s'observe : la population des personnes âgées demeure la tranche de la population utilisant le moins les nouvelles technologies [Czaja *et al.*, 2006; Rogers et Fisk, 2010]. Par exemple, en 2010 seuls 25% des 75-84 ans et 5% des plus de 85 ans utilisaient un ordinateur [Charness *et al.*, 2011].

Pour réduire cette fracture, deux choix inter-reliés s'offrent à nous :

- Adapter le design des technologies aux besoins et capacités des utilisateurs âgés
- Comprendre et modéliser les facteurs influençant l'acceptabilité des technologies d'assistance et leur adoption sur un plus long terme

Dans ce contexte, ce troisième chapitre d'étayage théorique de notre travail est dédié aux modèles et méthodes de design existants pour adapter au mieux les technologies d'assistance à la population âgée, mais aussi aux modèles explicitant les facteurs impliqués dans l'acceptabilité.

4.1 Modèles et méthodes de conception centrée-utilisateurs

Augusto et ses collaborateurs [Augusto *et al.*, 2014] définissent la conception centrée-utilisateur (CCU) comme « *une approche mettant le client ou l'utilisateur au centre du processus de conception. L'objectif de la CCU est d'identifier le produit ou service le plus adapté aux besoins des utilisateurs [...], les bénéfices attendus étant une meilleure utilisation du produit* ».

Parmi les différentes méthodes actuelles, il existe des principes de conception spécifiques à la personne âgée basés sur les connaissances de la population âgée, en termes de capacités cognitives, physiques et psycho-sociales, et s'inspirant des modèles de compensation mises en place pour contrer les pertes liées à l'âge, pour proposer des technologies d'assistance adaptées.

D'un autre côté, il existe également des techniques de conception dites participatives, dans lesquelles les utilisateurs et parties prenantes sont impliqués activement dans la conception, qui se fait alors de manière itérative par rapport aux retours récoltés.

Dans cette section, sont exposés deux modèles de conception basés sur des théories du vieillissement, et différentes techniques d'implication des utilisateurs dans le processus de conception participative. De là est présenté un modèle synthétique de conception des assistances technologiques pour les personnes âgées, intégrant les précédent modèles et techniques, et adoptant une approche plus systémique fidèle aux approches dites « Facteurs Humains » du champ de la psychologie ergonomique et ergonomie cognitive.

4.1. MODÈLES ET MÉTHODES DE CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEURS

4.1.1 Le modèle environnemental de compensation (Morrow & Rogers, 2008)

L'hypothèse de compensation environnementale (*environmental support hypothesis*) fut pour la première fois proposée par Craik en 1986 [Craik, 1986] pour définir les conditions dans lesquelles des différences liées à l'âge pouvaient s'observer, notamment dans des tâches de mémorisation. Ainsi, cette hypothèse propose que les différences liées à l'âge apparaissent si une inadéquation entre les ressources du sujet et la demande environnementale apparaît. Cette inadéquation peut être induite par des facteurs à court terme (*e.g.*, accident, fatigue passagère) ou par des facteurs impactant le long terme (*e.g.*, pathologie chronique, changement développemental). En particulier, le vieillissement, qui s'accompagne de déclin sensori-moteurs et cognitifs, peut induire une inadéquation entre la demande de la tâche et les capacités de l'individu.

Le corollaire de cette hypothèse est que ces différences liées à l'âge sont réduites si les adultes âgés peuvent faire appel à leur environnement pour réduire les demandes de la tâche ou soutenir l'utilisation efficiente de leurs ressources cognitives disponibles. Ce modèle fut appliqué dans de nombreux domaines comme par exemple les théories de la mémoire [Craik, 1994; Sauzéon *et al.*, 2013], les pathologies mnésiques [Bäckman et Dixon, 1992] ou encore dans des approches pour soutenir la réalisation des AVQ [Charness et Bosman, 1995; Park *et al.*, 2002].

Plus récemment, Morrow & Rogers [Morrow et Rogers, 2008] ont proposé d'appliquer ce modèle pour la conception des technologies d'assistance aux personnes âgées. Selon les deux chercheurs, le support environnemental peut améliorer la performance par deux moyens (Figure 4.1) :

- *La réduction de la demande de la tâche* : la réduction de la demande de la tâche est rendue possible de trois manières ; en mettant en avant les informations importantes pour la tâche (*e.g.*, augmenter le ratio signal/bruit en diminuant le bruit ou en magnifiant le stimulus), en augmentant les possibilités de traitement (*e.g.*, laisser plus de temps pour traiter une information), et en externalisant la tâche (*e.g.*, proposer une commande vocale)
- *Le soutien dans l'utilisation des ressources cognitives* : pour soutenir l'utilisation des ressources cognitives, deux moyens sont à disposition : encourager l'utilisation des connaissances (*e.g.*, se baser sur les connaissances et expériences des utilisateurs), et guider l'allocation des ressources (*e.g.*, fournir une aide graphique)

A cela, ce modèle intègre des contraintes de conception à prendre en compte pour assurer l'efficacité du support environnemental : tout d'abord, il est primordial d'*identifier les prérequis nécessaires* à l'utilisation du support environnemental, en termes de connaissances préalables nécessaires, et de ressources sensori-motrices, attentionnelles et cognitives. Si l'utilisation de la technologie d'assistance nécessite trop de ressources par rapport à celles à disposition de l'utilisateur, la performance ne sera pas améliorée. La deuxième contrainte

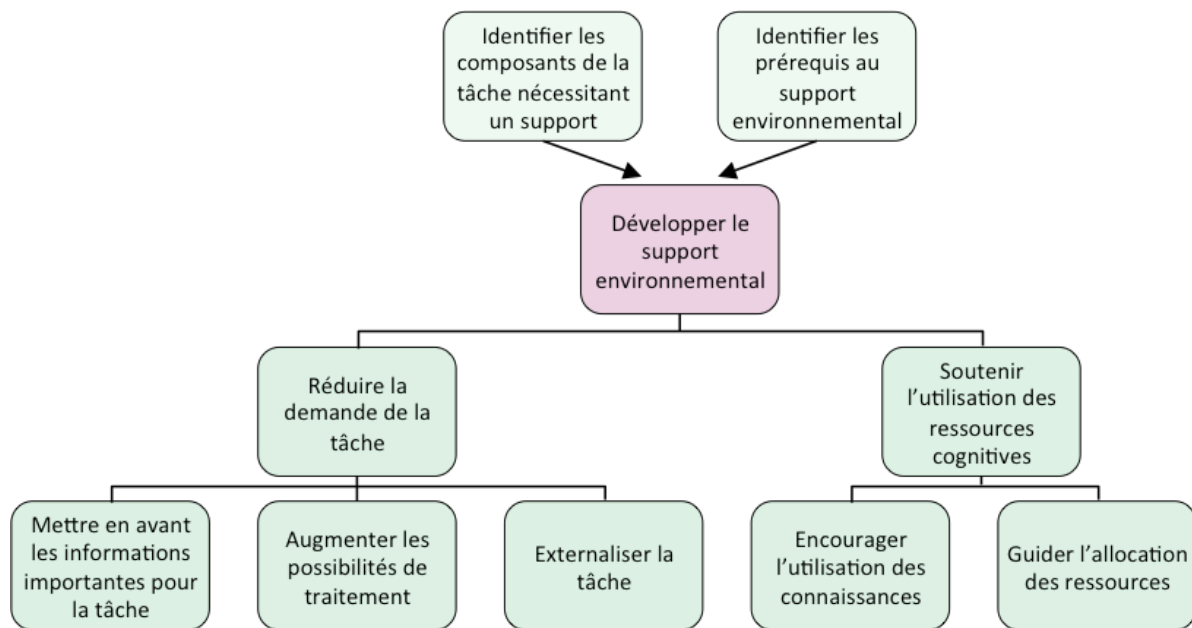


FIGURE 4.1– Processus de design pour le développement d'un support environnemental de compensation [Morrow et Rogers, 2008]

de conception est *l'adéquation du support environnemental avec les besoins de l'utilisateur*. La technologie doit proposer une assistance se focalisant sur les ressources nécessitant un support et sur des activités pertinentes pour l'utilisateur, pour être efficace et acceptée.

Ainsi, basé sur les connaissances de la population âgée, ce modèle propose des « guidelines » pour implémenter des stratégies compensatoires (reconnues efficaces dans les études du vieillissement) dans une technologie d'assistance. En effet, il met en avant l'importance de prendre en compte à la fois les compétences de l'utilisateur âgé et ses besoins ; mais aussi les demandes de la tâche en termes de ressources nécessaires à sa bonne réalisation (*i.e.*, analyse de tâche), pour pouvoir proposer une assistance technologique efficace et adaptée.

4.1.2 Modèle de conception pour un vieillissement réussi (Lindenberger *et al.* 2008)

La même année, Lindenberger et ses collaborateurs ont choisi de se baser sur le modèle SOC de Baltes & Baltes [Baltes et Baltes, 1990] (*cf.* 2.1.5) pour proposer des critères de conception et d'évaluation des gérontechnologies (Figure 4.2). Pour rappel, le modèle SOC met en avant trois stratégies mises en place par un individu âgé pour maintenir son niveau de fonctionnement quotidien : la Sélection, l'Optimisation ou la Compensation. Dans

4.1. MODÈLES ET MÉTHODES DE CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEURS

ce cadre théorique, trois critères sont présentés : la libération de ressources, l'adaptation aux spécificités, et l'évaluation à court et à long terme de la technologie.

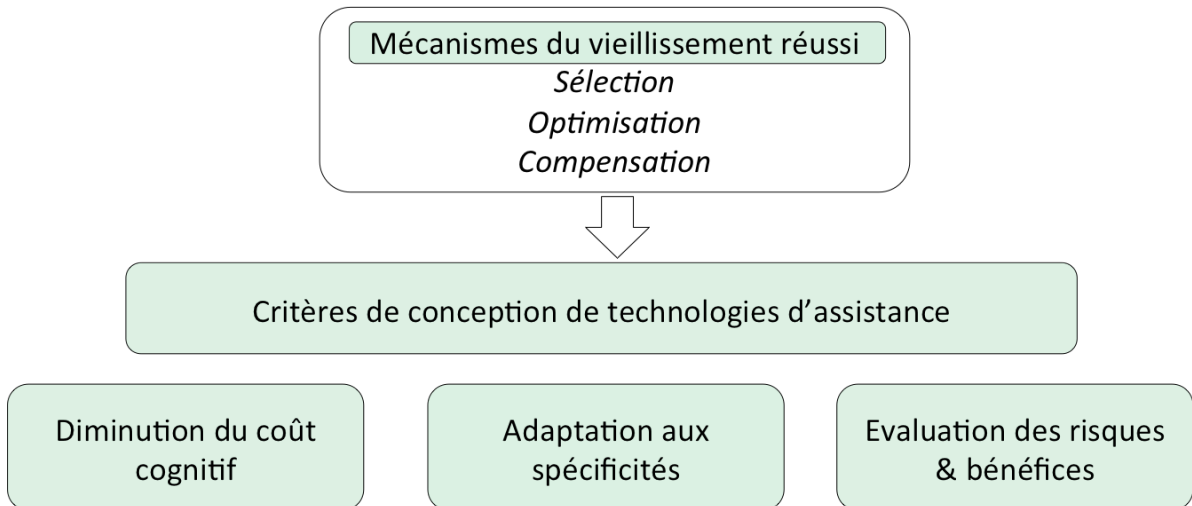


FIGURE 4.2– Principes psychologiques pour des technologies pour un vieillissement réussi [Lindenberger *et al.*, 2008]

- *Libération de ressources* : Même si l'utilisation d'une technologie nécessite l'investissement de ressources physiques et cognitives, la technologie doit libérer plus de ressources physiques et mentales qu'elle n'en implique par son utilisation. Par exemple, si un agenda numérique implique une utilisation trop complexe, un simple bloc-notes sera préféré par les utilisateurs âgés.
- *Adaptation aux spécificités* : La technologie doit prendre en compte la variabilité inter-individuelle fréquente dans le vieillissement, et s'adapter en fonction de chacun. Ainsi, la technologie doit pouvoir connaître les spécificités, les habitudes et les préférences de chaque individu, en prenant notamment en compte les stratégies compensatoires mises en place au quotidien. De plus, avec le déclin fonctionnel éprouvé lors du vieillissement, le dispositif doit être capable de s'adapter au court du temps et de proposer une assistance plus soutenue si le besoin s'en fait ressentir.
- *Evaluation à court et à long terme* : Les auteurs mettent en avant l'importance de prendre en compte les effets de l'utilisation de la technologie sur le court terme mais aussi sur le long terme. En effet, ces effets peuvent être positifs à court terme, mais se révéler négatifs sur le long terme. Les auteurs prennent l'exemple d'un GPS qui permet d'améliorer les déplacements vers des lieux inconnus, mais qui sur le long terme peut induire une sous-utilisation délétère des capacités navigationnelles. D'un autre côté, l'utilisation d'une technologie peut induire sur le long terme une plasticité et développer de nouvelles capacités cognitives.

CHAPITRE 4. CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEUR & ACCEPTABILITÉ DES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

De fait, les auteurs insistent sur l'importance de garder à l'esprit ces trois critères pour une bonne conception d'une gérontechnologie, et ainsi assister la personne âgée dans l'application des stratégies de compensation. De plus, ces trois critères doivent aussi être pris en compte pour évaluer l'efficacité d'une technologie.

Ainsi, nous avons abordé deux modèles de conception basés sur des théories du vieillissement : l'hypothèse de compensation environnementale de Craik, et le modèle SOC de Baltes & Baltes ; pour proposer des indications de conception de technologies d'assistance. L'intérêt de ces deux modèles est donc de s'appuyer sur des effets observés et répliqués, dans de nombreux domaines du vieillissement tels que les capacités cognitives, ou les capacités fonctionnelles (AVQ). Cet ancrage à la littérature du vieillissement permet à ces deux modèles de mettre en avant l'importance d'introduire dans le processus de conception des technologies les spécificités de la population âgée .

Néanmoins, il peut être reproché à ces modèles de proposer uniquement des guidelines génériques en amont de la conception, et de ne pas refléter les besoins et les ressentis de vrais utilisateurs face à un dispositif en particulier. Dans ce contexte, un domaine de la recherche sur la conception centrée-utilisateur s'est tourné vers des techniques dites de conception participative.

4.1.3 Techniques de conception participative

Selon Vredenburg et ses collaborateurs [Vredenburg *et al.*, 2002], la conception participative correspond à « *l'implication active des utilisateurs pour une réelle compréhension de l'utilisateur et des exigences de la tâche, nécessitant une conception et une évaluation itérative, et une approche multidisciplinaire* ».

Différentes techniques existent. Dans un sondage réalisé auprès de professionnels de conception participative, Vredenburg et ses collaborateurs ont mis en avant les techniques les plus utilisées, incluant notamment les analyses de tâches, les focus groups, et les tests d'utilisabilité. Le très complet ouvrage *Designing for Older Adults* de Fisk et ses collaborateurs [Fisk *et al.*, 2012], propose une présentation de ces différentes techniques adaptées au public des personnes âgées.

Les *analyses de tâches* sont réalisées en début du processus de conception et consistent à décomposer une tâche sous forme de Buts, Séquences et Opérations. Le But correspond à l'objectif final de la tâche, les Séquences correspondent aux différentes actions nécessaires pour réaliser le But, et les Opérations sont de manière détaillée les différents gestes, comportements à réaliser pour chaque Opération.

Ensuite, les *focus groups* consistent à créer des groupes de discussion « semi-dirigées » avec les différentes parties prenantes d'un dispositif (*i.e.*, les utilisateurs finaux, mais aussi les prescripteurs, l'entourage) afin de faire ressortir les besoins, les opinions et ressentis des différents participants, et ainsi générer des idées et recommandations pour le développement d'un produit.

4.1. MODÈLES ET MÉTHODES DE CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEURS

Enfin, les *tests d'utilisabilité*, réalisés pour le cas de prototypes ou de systèmes finalisés, demandent aux participants de réaliser des tâches avec le dispositif, sous l'œil d'expérimentateurs ou évaluateurs. Selon le standard ISO, l'utilisabilité est définie comme le « *degré selon lequel un produit peut être utilisé, par des utilisateurs identifiés, pour atteindre des buts définis avec efficacité, efficience et satisfaction, dans un contexte d'utilisation spécifié* » (ISO 9241-11, 1998). Néanmoins d'autres auteurs (e.g., [Brangier et Bastien, 2010]) proposent de la définir selon 6 dimensions majeures :

- *l'efficacité (effectiveness)* qui correspond à la précision avec laquelle l'utilisateur atteint son but, les indicateurs pouvant être la qualité de la réalisation ou le nombre d'erreurs ;
- *l'efficience (efficiency)* qui se rapporte à la performance atteinte pour un objectif donné dans un temps et avec des ressources raisonnables, souvent mesuré par la rapidité d'exécution d'une tâche ;
- *l'apprenabilité (learnability)* qui permet de capturer des indications concernant la facilité d'apprentissage, souvent mesuré par des mesures de performances évaluées de manière longitudinale ;
- *la mémorabilité (memorability)* mesure la capacité à se rappeler d'une tâche précédemment apprise, après une période plus ou moins longue d'absence d'utilisation ;
- *les erreurs*, qui correspondent aux actions non appropriées de l'utilisateur pour atteindre un objectif donné ; elles peuvent concerner un oubli, la substitution de plusieurs étapes, ou des erreurs d'inattention ;
- *la satisfaction* qui se réfère au plaisir qu'a l'utilisateur dans ses interactions avec le système, contrairement aux autres mesures, elle est habituellement évaluée à l'aide de questionnaires (e.g., le *Quebec User Evaluation of Satisfaction with Technology*, [Demers et al., 2000]).

Il a été montré que les différentes techniques de design participatif pouvaient être utilisées efficacement avec des sujets âgés sains [Demirbilek et Demirkan, 2004] ou présentant une démence [Span et al., 2013]. Néanmoins, ces techniques élaborées le plus souvent par des non cliniciens chercheurs ou professionnels présentent clairement des limites, remettant en question les résultats obtenus. D'une part, comme présenté dans le premier chapitre de notre cadre théorique (cf. 2.2.4), il est observé avec le vieillissement une difficulté à exprimer précisément les difficultés quotidiennes vécues. Ainsi, le recueil du besoin réalisé grâce à ces techniques de design participatif peut ne pas refléter le besoin réel de ces individus. Cet aspect semble totalement ignoré dans les études de design participatif [Durick et al., 2013]. D'autre part, le design participatif repose sur l'implication d'un petit nombre de sujet, remettant en cause la généralisation des recommandations obtenues, notamment du fait de la grande variabilité inter-individuelle recensée en population âgée [Vines et al., 2015].

Pour résumer cette première partie, nous constatons qu'il existe différentes approches pour mettre l'utilisateur au centre du processus de conception : il est possible de se baser sur

les théories du vieillissement pour proposer un design adapté aux mécanismes du vieillissement (*i.e.*, approche « expert ») ; ou d'impliquer activement les utilisateurs âgés dans la conception (*i.e.*, approche participative) ; chaque stratégie présentant néanmoins des forces et des faiblesses. Aussi, comme le proposent Fisk et ses collaborateurs [Fisk *et al.*, 2012], la stratégie de conception idéale consiste à appliquer conjointement ces deux méthodes pour en enrichir la conception. Cette stratégie se retrouve dans le récent modèle proposé par cet auteur et Wendy Rogers en 2010.

4.1.4 Modèle de Conception des technologies d'assistance pour les âgés

En particulier, selon une approche systémique « Facteurs Humains », Rogers & Fisk [Rogers et Fisk, 2010] ont élaboré un modèle généraliste de conception d'assistance pour les âgés. Le modèle préconise l'application des techniques de conception participative tout en dressant une liste de préconisations / principes de conception spécifiques à la personne âgée, issus de travaux menés en psychologie du vieillissement générale et dans le champ plus spécifique des approches “Facteurs Humains et Vieillissement” (*Human Factors & Aging approach*). Ce champ implique des chercheurs en psychologie ergonomique et ergonomie cognitive, et notamment spécialisés au vieillissement, tels ceux du groupe du centre de recherche CREATE¹ (*Center for Research and Education on Aging and Technology Enhancement*).

Le modèle (Figure 4.3) a pour but d'identifier l'étendue et le type de variables à prendre en compte dans la conception de technologies pour le vieillissement. Ainsi, il met en avant l'idée qu'une conception réussie de technologie d'assistance dépend de l'adéquation entre :

- les *capacités de l'utilisateur*, notamment cognitives, sensori-motrices et physiques, et qui sont influencées par de nombreux facteurs, incluant son âge, son éducation, son statut fonctionnel ou encore sa santé
- les *demandes de la tâche*, en termes sensori-moteurs, cognitifs et physiques, influencées elles-aussi par des facteurs internes telles que la complexité et la familiarité de la tâche, ou le contexte
- enfin les *demandes du système* en termes de ressources cognitives, sensorielles et physiques, dépendant notamment de l'interface matérielle et logicielle ou de la fiabilité du système

De manière originale et complète, les auteurs défendent une approche systémique (typique des approches dites « Facteurs Humains ») en mettant en avant l'importance d'intégrer dans la conception l'influence de l'environnement physique et social, incluant notamment de manière proximale l'entourage humain ou le type de résidence, et de manière distale les organisations et les politiques publiques de santé et du traitement de la vieillesse. Ainsi, le modèle propose une vision à la fois macroscopique et organisationnelle (*i.e.*, un système

1. <http://www.create-center.org/>

4.1. MODÈLES ET MÉTHODES DE CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEURS

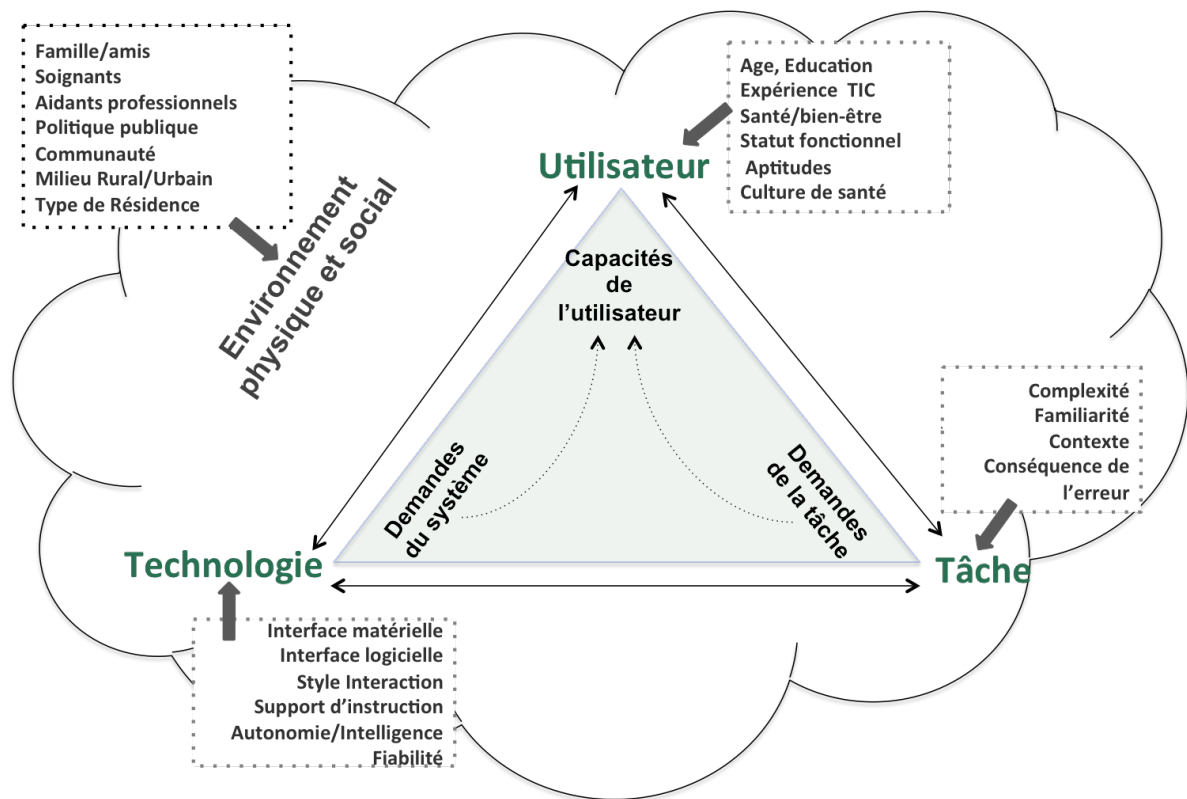


FIGURE 4.3– Modèle Vieillesse & Technologie du groupe CREATE [Rogers et Fisk, 2010]

socio-technique complexe et dynamique sous influence multi-factorielle) et microscopique centrée-utilisateur (*i.e.*, triangulation entre le système, l'utilisateur et la tâche).

Enfin, les auteurs dressent une liste de préconisations pour améliorer la conception de technologies d'assistance à destination des personnes âgées :

- *Comprendre les besoins des utilisateurs*, en incluant activement l'utilisateur dans la conception (*i.e.*, mettre en place une conception participative), afin d'identifier les priorités, et les attentes générationnelles (notamment en termes « d'intrusivité » du dispositif, du contexte d'interaction et de sa fiabilité)
- *Identifier les difficultés d'utilisabilité*, en impliquant de manière active et itérative l'utilisateur pour des séances d'évaluation de l'utilisabilité (voir plus haut pour différents outils de mesures de l'utilisabilité), et ce sur un long-terme également, pour évaluer la réelle appropriation
- *Mettre à disposition du matériel d'apprentissage et d'entraînement*, qui soit adapté à la population cible en termes de format (privilégier des notices papier par exemple), de feedback, et de préférences de l'utilisateur

Ainsi, de par leurs connaissances des changements liés au vieillissement et des techniques de conception « Facteurs Humains », les auteurs proposent des guidelines de conception adaptés, et permettant de répondre aux limites de chaque technique de conception évoquées plus haut, en vue de favoriser l'acceptabilité des dispositifs.

4.2 Les modèles d'acceptabilité

L'acceptabilité des technologies peut être définie comme étant « *l'intention d'utiliser une technologie, ou l'utilisation actuelle d'une technologie* » [Davis, 1989]. De manière plus détaillée, Arning & Ziefle [Arning et Ziefle, 2007] définissent l'acceptabilité comme « *l'approbation, la réception favorable et l'utilisation courante de dispositifs et systèmes nouvellement introduits* ».

De nombreux facteurs ont été observés comme impactant l'acceptabilité des technologies, se rapportant tant aux caractéristiques de l'individu et de son environnement, qu'aux caractéristiques du dispositif en lui-même. Ainsi, les modèles portant sur l'acceptabilité ont évolué depuis ces dernières années et certains ont vu le jour spécialement pour les personnes âgées. Ci-après, sont présentés le modèle princeps de Davis, puis d'autres modèles plus adaptés à la population âgée.

4.2.1 Premiers modèles d'acceptabilité des technologies

Le premier modèle proposé pour prédire l'acceptabilité, a été explicité par Davis en 1989, et se voulait généraliste et applicable à toute population. Ces vingt dernières années, différents modèles ont adressé l'acceptabilité des technologies en population générale.

Modèle TAM de Davis *et al.* (1989)

Davis et ses collaborateurs [Davis, 1989] ont été les premiers à tenter d'expliquer et de prédire l'acceptabilité et l'usage à long terme d'une technologie. Leur modèle prend ses fondements dans une théorie plus ancienne : la Théorie de l'Action Raisonnée (*Theory of Reasoned Action*) proposée par Fishbein & Ajzen en 1977 [Douglass *et al.*, 1977]. Selon cette théorie, un comportement est dirigé par une intention de réaliser le comportement, et l'intention est elle-même déterminée par deux facteurs : l'attitude vis à vis du comportement (*i.e.*, « le sentiment positif ou négatif de l'individu envers la réalisation de ce comportement ») et les normes subjectives (*i.e.*, « le sentiment qu'a l'utilisateur de l'avis de la société concernant le comportement »). Ainsi, les auteurs ont proposé d'appliquer ce modèle au comportement d'utilisation d'une technologie, et ont défini le *Technology Acceptance Model* (TAM) (Figure 4.4). Ce modèle se voulait généraliste, et applicable quel que soit l'utilisateur ou la technologie.

Le modèle identifiait deux facteurs majeurs explicatifs de l'acceptabilité et l'usage d'une technologie : l'*utilité perçue* et la *facilité d'utilisation perçue*.

4.2. LES MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ

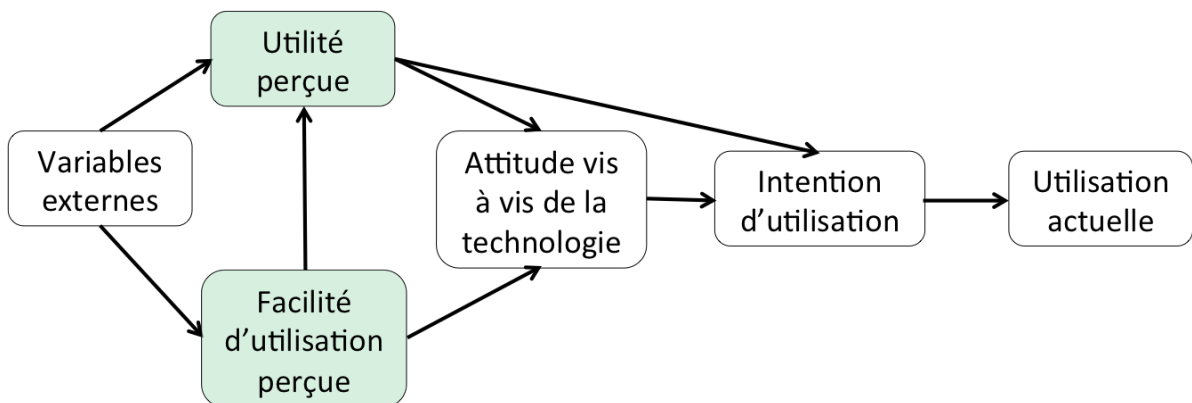


FIGURE 4.4– Technology Acceptance Model [Davis, 1989]

- L'*utilité perçue* est décrite comme le « degré de croyance d'une personne selon lequel l'utilisation d'une certaine technologie va améliorer ses performances ». Par exemple, une technologie aura plus de chance d'être acceptée si l'utilisateur pense qu'elle lui permettra de gagner du temps ou d'être plus efficace.
- La *facilité d'utilisation perçue* correspond quant à elle au « degré de croyance d'une personne selon lequel l'utilisation d'une technologie sera sans effort ». Par exemple, l'acceptabilité d'un dispositif sera facilitée si l'utilisateur pense qu'il n'aura pas de difficultés pour apprendre à s'en servir. De plus, les auteurs indiquent que la facilité d'utilisation perçue a une influence sur l'utilité perçue, en partant de l'idée que si un dispositif est facile à utiliser il améliorera les performances de l'utilisateur.

L'utilité perçue et la facilité d'utilisation perçue influencent conjointement l'*attitude vis-à-vis de la technologie* (correspondant au sentiment positif ou négatif qu'a l'utilisateur envers une technologie), qui influence en suivant l'*intention d'utilisation* puis l'*utilisation actuelle*. L'utilité perçue influence aussi l'intention d'utilisation.

Le TAM inclut aussi des variables externes, identifiées par les auteurs comme étant les caractéristiques du système, les caractéristiques de la tâche et à la personnalité de l'utilisateur.

Modèle UTAUT de Venkatesh & Davis (2003)

Plus tard, Venkatesh et Davis [Venkatesh *et al.*, 2003] ont examiné huit théories de l'acceptabilité pour proposer un modèle unifié, intitulé *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)* (Figure 4.5).

Les auteurs identifient trois déterminants directs à l'utilisation d'une technologie : la performance attendue et l'effort attendu, qui correspondent aux facteurs d'utilité perçue et de facilité d'utilisation perçue présent dans le TAM ; l'influence sociale, définie comme « la perception qu'a un individu de l'avis des personnes importantes pour lui concernant

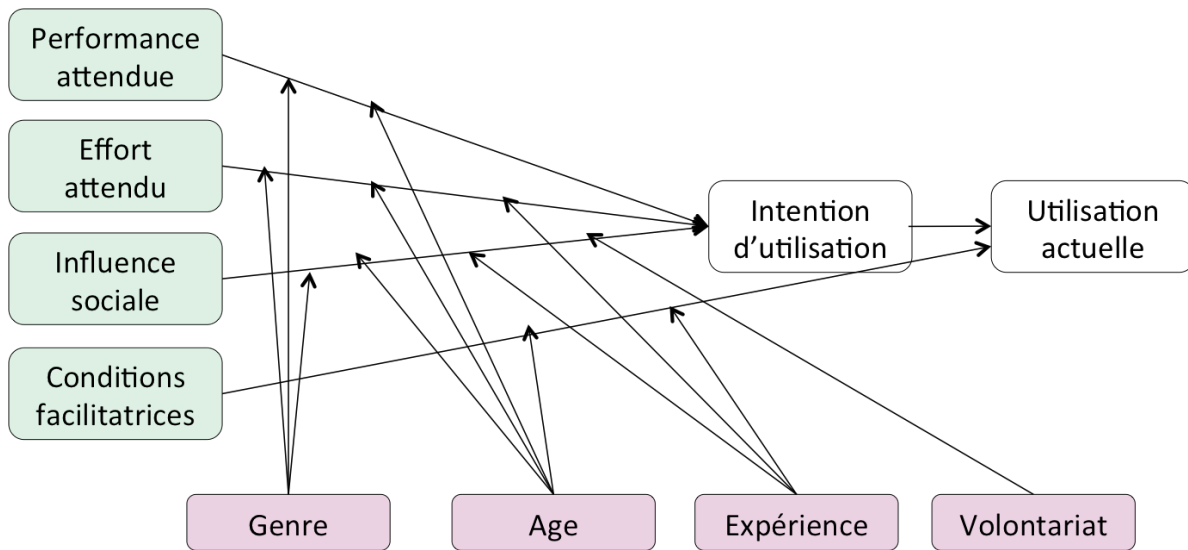


FIGURE 4.5– Unified Theory of Acceptance and Use of Technology [Venkatesh *et al.*, 2003]

l'utilisation de la technologie » (qui fait référence à la variable *norme subjective* de la Théorie de l'Action Raisonnée) ; et incluent des conditions facilitatrices, correspondant à « la perception qu'a un individu à croire que les infrastructures organisationnelles et techniques vont soutenir son utilisation du système » (notamment, les auteurs incluent l'aide disponible, les ressources financières, l'accessibilité et l'influence sociale). De plus, quatre nouvelles variables modératrices ou médiatrices sont mises en lumière par les auteurs : le genre, l'âge, l'expertise et le volontariat de l'utilisateur influençant l'impact des déterminants directs sur le comportement d'utilisation d'une technologie.

Ces deux modèles présentent l'avantage d'avoir pu être appliqués avec succès dans de nombreuses situations (notamment l'utilisation d'Internet, le commerce électronique et les appareils mobiles), dans différents pays (incluant les Etats-Unis, l'Europe, l'Afrique du Sud ou la Chine) et testé par différentes populations ou groupes sociaux (des étudiants, des employés ou des enseignants) (pour revue [Chen et Chan, 2011]).

Parmi les adaptations existantes, de récents travaux se sont intéressés aux liens entre des modèles d'acceptabilité et le modèle d'auto-détermination de Ryan & Deci (*cf.* 2.3.3).

Acceptabilité & Auto-détermination

Notamment, l'objet d'étude de Roca & Gagné [Roca et Gagné, 2008] était la participation sur le long terme à une plateforme de e-learning. Les auteurs ont ainsi réalisé une enquête par mail auprès de 166 travailleurs participants à des cours en ligne. Des questionnaires évaluant le sentiment d'autonomie, de compétence et d'attachement social (*i.e.*, les variables influençant l'auto-détermination dans le modèle de Ryan & Deci), et évaluant l'utilité

4.2. LES MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ

perçue, la facilité d'utilisation perçue et l'aspect ludique (variables présentes dans le TAM, l'aspect ludique étant inclus dans une version du modèle proposée par [Davis *et al.*, 1992]) étaient administrés. Une modélisation par équations structurelles a permis d'identifier l'impact significatif des trois mesures d'auto-détermination sur les trois mesures du TAM (seule la relation entre attachement social et utilité perçue s'est avérée être non significative) qui influençaient ensuite de manière directe la participation à un cours en ligne (Figure 4.6).

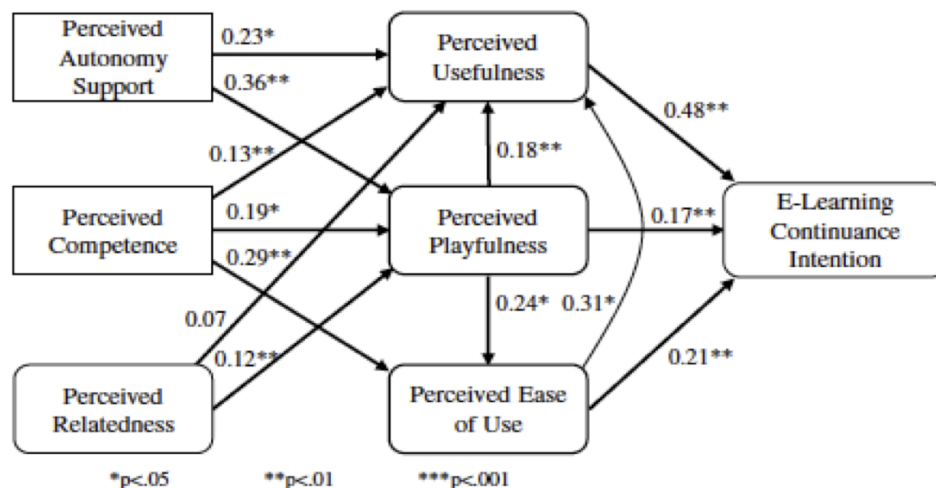


FIGURE 4.6– Influences de l'auto-détermination sur l'acceptabilité d'un dispositif de e-learning [Roca et Gagné, 2008]

Plus récemment, Lee, Lee & Hwang [Lee *et al.*, 2015] se sont intéressés aux liens entre l'auto-détermination et l'acceptabilité d'une technologie de communication. La technologie, un forum de discussion en ligne appelé Qboard, fut utilisée par 324 étudiants pendant deux semaines. Un questionnaire évaluant la performance attendue, l'effort attendu (*i.e.*, les variables présentes dans l'UTAUT²) ainsi que les trois variables incluses dans le modèle d'auto-détermination de Ryan & Deci, a permis de valider leur modèle.

Ainsi, les auteurs ont obtenu des relations significatives entre les différentes variables (sauf pour les relations *effort attendu* - *performance attendue* et *compétence* - *plaisir perçu*), avec une influence directe des dimensions d'auto-détermination sur la performance attendue et le plaisir d'utilisation perçu, influençant en suivant l'intention d'utiliser le dispositif, qui lui-même prédit l'utilisation réelle (Figure 4.7).

Ces deux études mettent en avant les relations existantes entre le sentiment d'auto-détermination suscité par la technologie et l'acceptabilité de celle-ci chez des populations jeunes. Il est intéressant de remarquer que selon la nature et l'objectif de la technologie, une

2. La variable *plaisir d'utilisation perçu* était incluse dans la version du modèle UTAUT publiée en 2000 [Venkatesh, 2000], puis a ensuite été retirée dans le modèle présenté en 2003

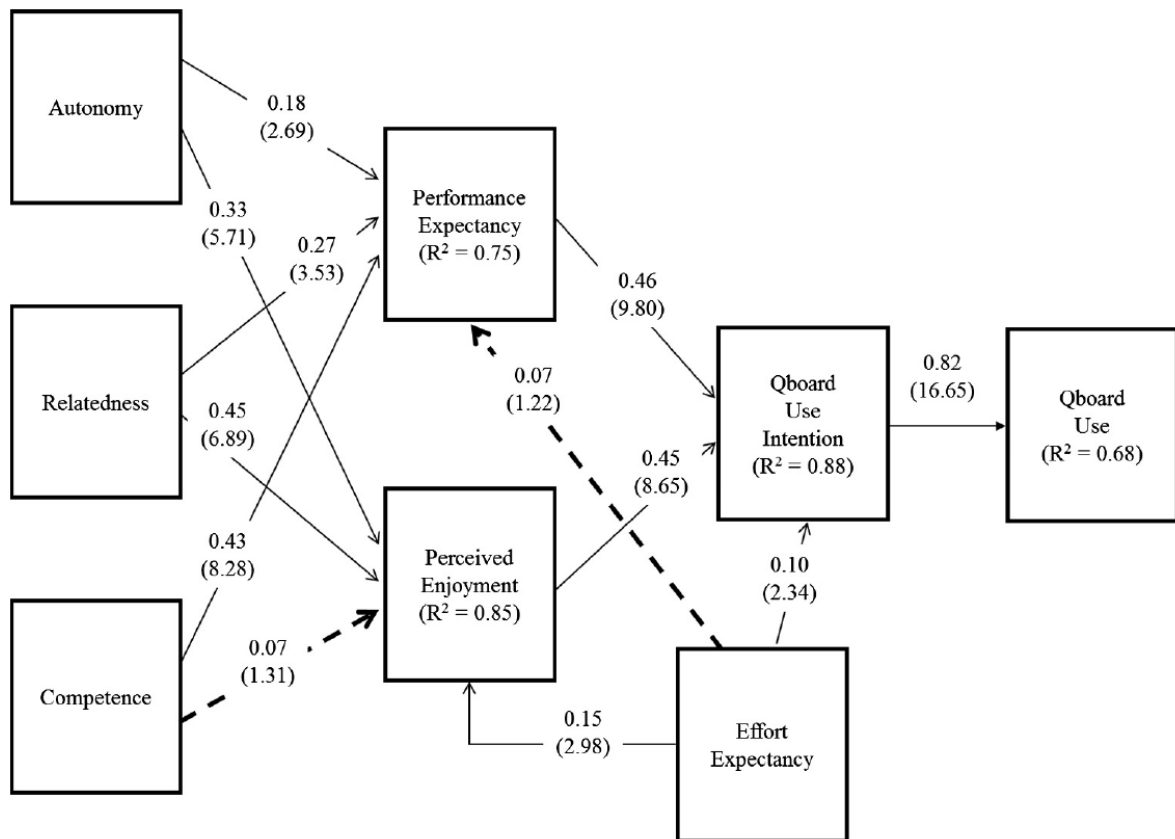


FIGURE 4.7– Influences de l’auto-détermination sur l’acceptabilité d’un dispositif de communication en ligne [Lee *et al.*, 2015]

dimension est plus influente qu’une autre : pour le dispositif d’apprentissage, c’est le besoin de compétence qui est le plus influent, alors que pour le dispositif de communication entre étudiants c’est le besoin d’attachement/appartenance sociale qui a une influence majeure.

Pour finir, même si le TAM et l’UTAUT permettent de prédire et d’explicitier les mécanismes de l’acceptabilité d’une technologies chez l’individu tout venant en intégrant également les aspects motivationnels à travers l’auto-détermination, ils ont été démontrés comme étant peu applicables aux caractéristiques singulières de la population âgée [Chen et Chan, 2011; Arning et Ziefle, 2007]. En effet, l’ajout des caractéristiques physiques, cognitives et psycho-sociales du vieillissement ont été nécessaires.

4.2. LES MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ

4.2.2 Modèles d'acceptabilité des technologies pour la population âgée

Pour contrer cette limite des deux modèles TAM et UTAUT présentés, des auteurs se sont proposés de modéliser l'acceptabilité des technologies pour le cas particulier de la population âgée.

Modèle du besoin d'assistance ressenti (McCreadie & Tinker, 2005)

Notamment, McCreadie et Tinker [McCreadie et Tinker, 2005] ont réalisé en 2005 une enquête auprès de 67 personnes âgées de 70 à plus de 90 ans, pour identifier les facteurs influençant l'acceptabilité des technologies par ces participants. Le recueil des données fut réalisé grâce à des interviews semi-structurées.

Les résultats de cette enquête leur ont permis de proposer un modèle d'acceptabilité (Figure 4.8), où plusieurs facteurs influents sont identifiés.

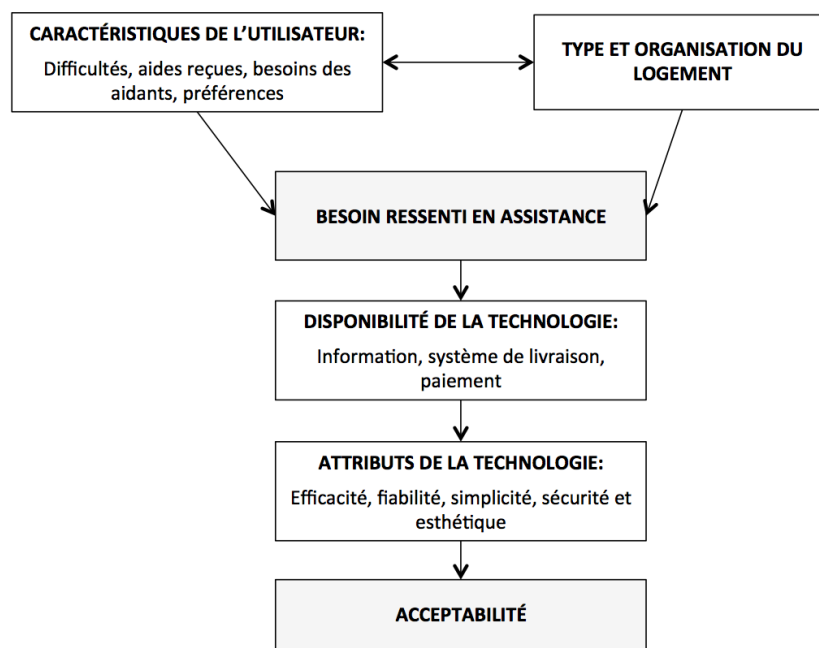


FIGURE 4.8– Modèle du besoin ressenti en technologie d'assistance [McCreadie et Tinker, 2005]

Les auteurs proposent que le *besoin d'assistance ressenti* soit essentiel pour induire l'acceptabilité d'une technologie. Ce besoin d'assistance est d'ailleurs influencé par d'une part les *caractéristiques de l'utilisateur* et d'autre part par les *caractéristiques de son domicile*. Les auteurs mettent en avant quatre caractéristiques de l'utilisateur particulièrement per-

CHAPITRE 4. CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEUR & ACCEPTABILITÉ DES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

tinentes : les difficultés de la personne, les différentes aides reçues, le besoin ressenti par ses aidants, et la motivation de l'utilisateur.

De manière importante, l'acceptabilité dépend de l'interaction entre ce *besoin ressenti en assistance* et les *caractéristiques de la technologie* (incluant notamment son efficacité, sa simplicité et sa disponibilité).

Modèle d'adoption de la technologie (Czaja *et al.*, 2006)

L'année suivante, Czaja et ses collaborateurs [Czaja *et al.*, 2006], ont publié une étude réalisée auprès de 1 204 participants âgés de 18 à 91 ans (divisés en trois groupes d'âge) pour identifier les facteurs prédisant l'utilisation d'une technologie. Les facteurs étudiés incluaient des variables démographiques (l'âge, l'ethnie et le niveau d'étude), des variables attitudinales vis-à-vis des technologies (l'anxiété et l'efficacité dans son utilisation), ainsi que des aptitudes cognitives (intelligence fluide et intelligence cristallisée) (Figure 4.9).

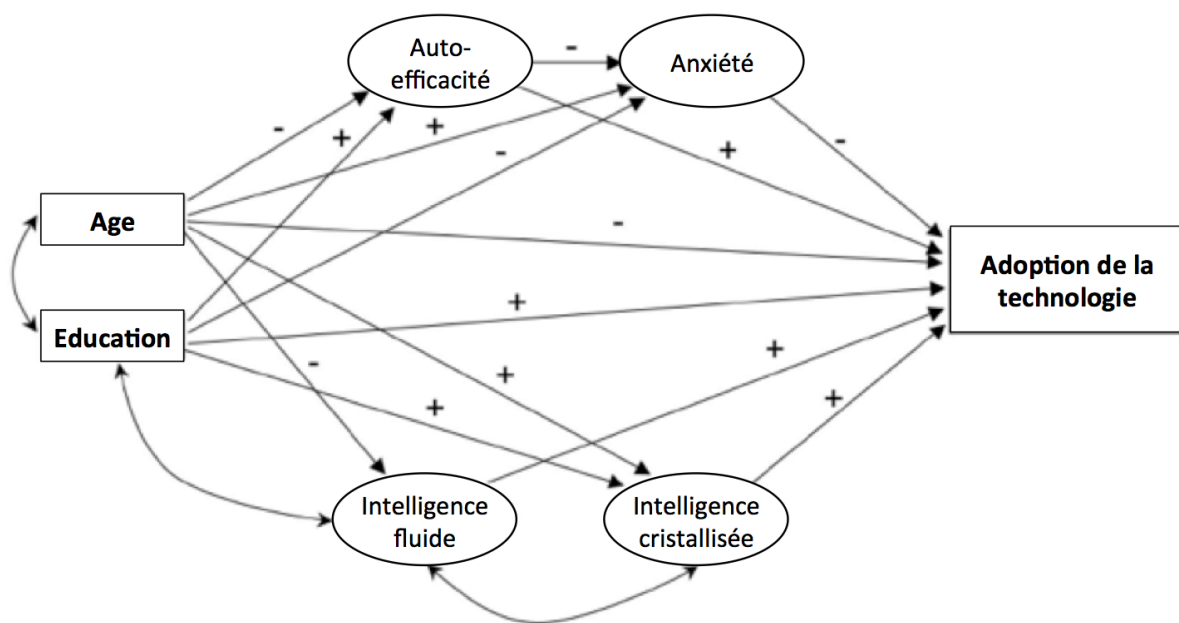


FIGURE 4.9– Modèle d'Adoption des Technologies [Czaja *et al.*, 2006]

Les aptitudes cognitives étaient mesurées à l'aide de tests psychométriques (*e.g.*, le test de Stroop et le Trail Making Test pour mesurer l'intelligence fluide) et les variables attitudinales étaient évaluées par différents questionnaires ergonomiques (grâce au *Attitudes Toward Computers Questionnaire*, [Jay et Willis, 1992] ; et au *Computer Anxiety Scale*, [Loyd et Gressard, 1984]). Leurs analyses statistiques ont permis de valider leur modèle, et leurs résultats identifièrent l'intelligence fluide et l'anxiété envers les technologies comme étant les meilleurs prédicteurs de l'utilisation d'une technologie.

4.2. LES MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ

Modèle de Pré-acceptabilité (Peek *et al.*, 2014)

Plus récemment, une revue systématique des facteurs influençant l'acceptabilité des gérontechnologies fut proposée par Peek et ses collaborateurs [Peek *et al.*, 2014]. De manière intéressante, ils ont fait une distinction entre l'acceptabilité « pré-déploiement » (avant l'utilisation de la technologie) et « post-déploiement » (après avoir utilisé la technologie), pouvant ne pas être influencées par les mêmes facteurs.

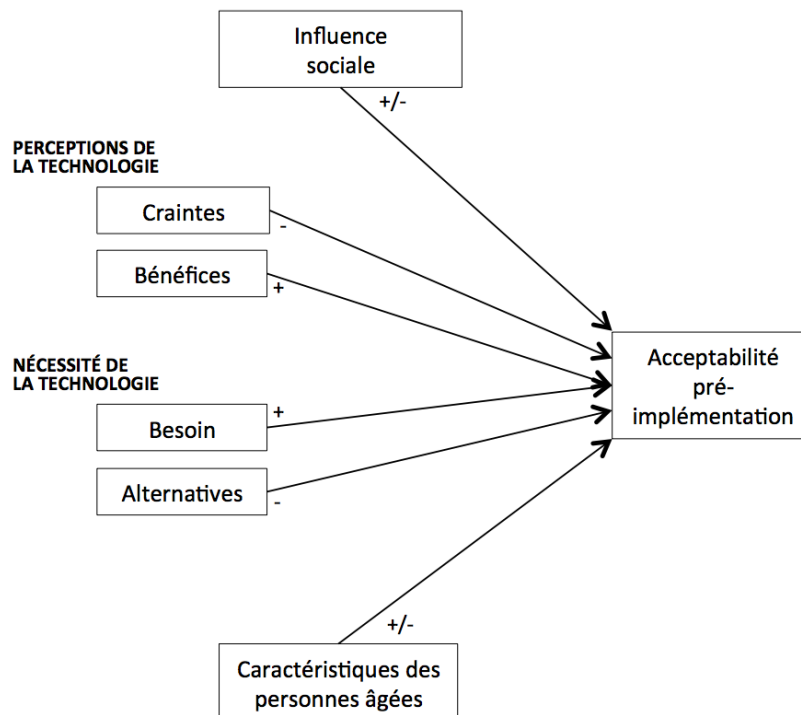


FIGURE 4.10– Modèle d'acceptabilité pré-déploiement des technologies [Peek *et al.*, 2014]

La revue systématique a permis d'identifier 27 facteurs impactant l'acceptabilité pré-déploiement, que les auteurs divisèrent en six thèmes majeurs (Figure 4.10) :

- *Les craintes concernant la technologie* (e.g., stigmatisation, coût, dysfonctionnement, « intrusivité »)
- *Les bénéfices attendus par l'utilisation de la technologie* (e.g., amélioration de la sécurité, de l'indépendance, réduction du fardeau de l'aidant)
- *La nécessité de posséder la technologie* (incluant le besoin ressenti et le statut de santé)
- *Les alternatives à la technologie* correspondant à la présence d'aide humaine, les autres technologies à disposition
- *L'influence sociale*, correspondant à l'influence de la famille, des professionnels de santé et des proches

CHAPITRE 4. CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEUR & ACCEPTABILITÉ DES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

- Les caractéristiques de la personne âgée, incluant la familiarité vis-à-vis des technologies, le contexte culturel, la motivation et le type de logement.

Aussi, les auteurs mettent en avant les facteurs influençant spécialement l'acceptabilité post- déploiement, avec notamment une influence négative observée concernant les problèmes rencontrés (e.g., les fausses alarmes ou les dysfonctionnements de la technologie) et une influence positive de la satisfaction dans l'utilisation du dispositif.

Modèle STAM (Chen & Chan, 2014)

Un dernier modèle important est le *Senior Technology Acceptance Model (STAM)* proposé par Chen Chan en 2014 [Chen et Chan, 2014](Figure 4.11). Ce modèle présente l'originalité de reprendre les variables identifiées dans le modèle princeps TAM pour l'adapter à la population âgée.

Ainsi, le modèle reprend les variables suivantes présentes dans le TAM : l'utilité perçue, la facilité d'utilisation perçue, les conditions facilitatrices, l'auto-efficacité envers les gérontechnologies (qui peut être définie comme étant le sentiment d'être capable d'utiliser efficace la technologie), et l'anxiété liée aux technologies. De plus, des variables liées à l'âge sont ajoutées : les conditions de santé rapportées, les habilités cognitives, la satisfaction perçue de la vie, les relations sociales et le fonctionnement physique. Enfin, le modèle inclut quatre variables contrôles : l'âge, le genre, le niveau d'éducation, et le statut économique.

Le modèle STAM présente aussi l'avantage majeur d'avoir été validé auprès d'une population de 1 012 personnes âgées de 55 ans et plus. Des questionnaires évaluant chacun des différents facteurs étaient administrés aux participants, et une analyse factorielle confirmatoire a été réalisée pour valider statistiquement le modèle. Les résultats de leurs analyses ont ainsi montré la pertinence de leur modèle et ont pu notamment mettre en avant l'âge, l'auto-efficacité des gérontechnologies, et les conditions facilitatrices comme étant les meilleurs prédicteurs de l'acceptabilité des technologies.

L'aspect remarquable de ce travail est d'avoir révélé que dans le contexte de la population âgée les facteurs attitudinaux classiques du TAM (*i.e.*, utilité perçue, facilité d'utilisation perçue) sont concurrencés de *manière directe* (et indirecte) par des facteurs propres à la population âgée (notamment les capacités cognitives et physiques), ce qui soutient l'importance majeure d'une conception centrée-besoins spécifiques utilisateur, pour la conception de technologies d'assistance.

A la lumière de la littérature dont nous avons pris connaissance (notamment la récente revue systématique menée par [Yusif *et al.*, 2016]), l'ensemble des facteurs influençant l'acceptabilité des technologies par la population âgée peut être divisé selon trois catégories : les facteurs personnels (*i.e.*, liés aux caractéristiques de la personne), les facteurs environnementaux, et les facteurs liés à la technologie. L'ensemble de ces facteurs peut être résumé dans le tableau suivant (Tableau 4.1).

4.2. LES MODÈLES D'ACCEPTABILITÉ

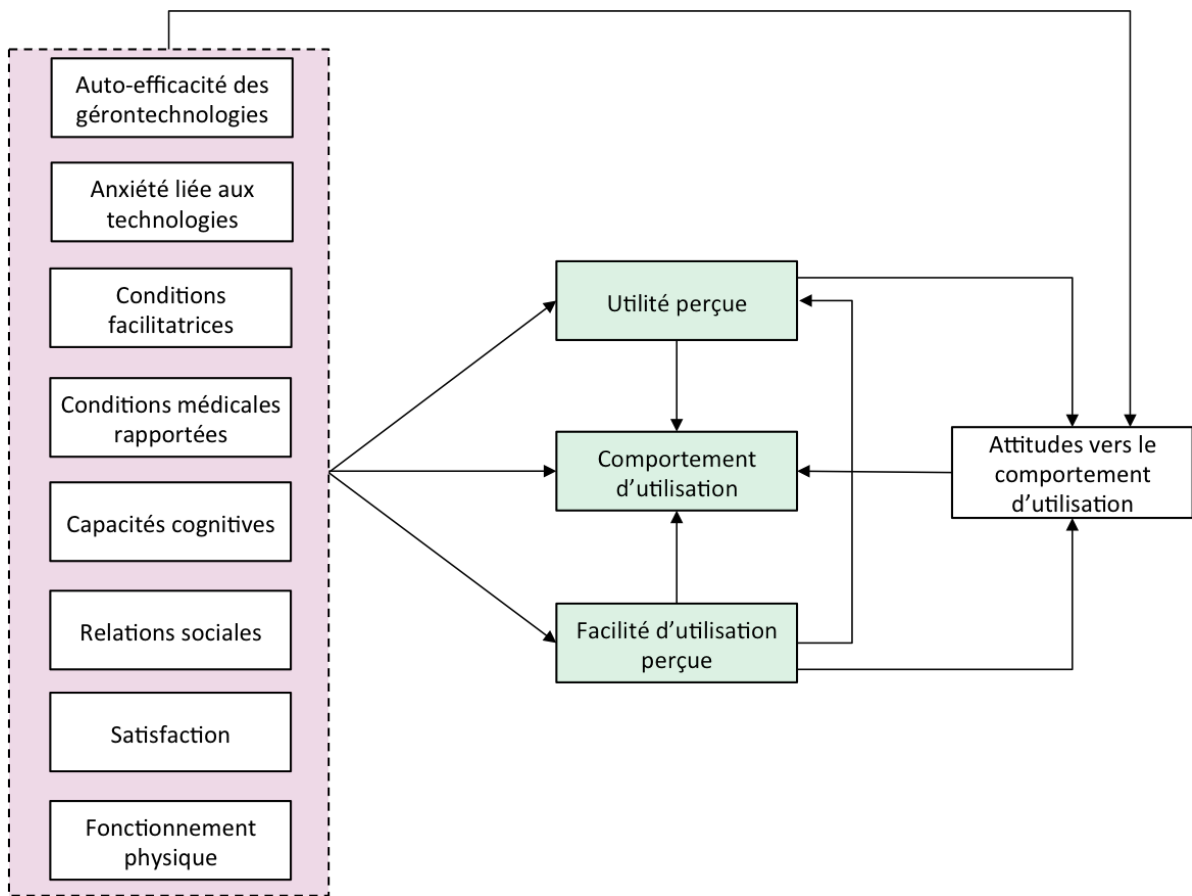


FIGURE 4.11– Senior Technology Acceptance Model [Chen et Chan, 2014]

Notons qu'à notre connaissance, aucune étude ne s'est intéressée à l'influence de l'autodétermination sur l'acceptabilité dans le cadre d'une population âgée. Ce constat est surprenant puisque ce facteur motivationnel est démontré comme impactant l'acceptabilité des technologies chez les jeunes adultes mais aussi chez les personnes avec déficience intellectuelle (e.g., [Stock *et al.*, 2003; Davies *et al.*, 2015]).

Pour résumer ce second chapitre, l'acceptabilité des technologies par les personnes âgées est loin d'être acquise du fait de son caractère plus complexe et multi-déterminés comme en témoignent les travaux et récents modèles d'acceptabilité ciblant les personnes âgées. Ces derniers avec les méthodes de conception centrées utilisateurs offrent aujourd'hui quelques clés de réussite pour une meilleure conception des technologies ciblant ou souhaitant inclure l'utilisateur âgé. Pour autant, si un chemin semble enfin avoir été initié et des directions fixées ces dernières années, il reste encore à franchir des obstacles et parcourir un long chemin pour proposer des technologies d'assistance adaptées et pertinentes à la popu-

CHAPITRE 4. CONCEPTION CENTRÉE-UTILISATEUR & ACCEPTABILITÉ DES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

Facteurs personnels	Facteurs environnementaux	Facteurs liés à la technologie
<ul style="list-style-type: none"> - Besoin perçu [Peek <i>et al.</i>, 2014] - Indépendance [Peek <i>et al.</i>, 2014] - Statut cognitif [Chen et Chan, 2014] - Fonctionnement physique [Chen et Chan, 2014] - Conditions de santé [Chen et Chan, 2014] - Auto-efficacité et anxiété envers les technologies [Chen et Chan, 2014] - Peur de la dépendance à la technologie [Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Genre [Venkatesh <i>et al.</i>, 2003] - Personnalité ou locus of control [Beier, 1999; Venkatesh <i>et al.</i>, 2003] - Intelligence fluide et cristallisée [Czaja <i>et al.</i>, 2006] - Age [Czaja <i>et al.</i>, 2006] - Education [Czaja <i>et al.</i>, 2006] 	<ul style="list-style-type: none"> - Influence sociale [Chen et Chan, 2014] - Disposition du logement [McCreadie et Tinker, 2005] - Aides humaines [Peek <i>et al.</i>, 2014] - Technologies alternatives [Peek <i>et al.</i>, 2014] - Apprentissage reçu [Kelley et Kellam, 2009] - Entraînement reçu [Fisk <i>et al.</i>, 2012; Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Ruralité [Calvert Jr <i>et al.</i>, 2009] 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilité perçue [Davis, 1989; Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Facilité d'utilisation perçue [Davis, 1989; Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Accès à la technologie [McCreadie et Tinker, 2005] - Coût [Peek <i>et al.</i>, 2014; Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Stigmatisation, embarras, perte de dignité [Peek <i>et al.</i>, 2014; Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Manque de contrôle [Peek <i>et al.</i>, 2014] - Implications dans la vie privée [Peek <i>et al.</i>, 2014; Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Fiabilité [Peek <i>et al.</i>, 2014; Yusif <i>et al.</i>, 2016] - Fardeau pour les aidants [Peek <i>et al.</i>, 2014] - Barrières liées aux limitations physiques [Carpenter et Buday, 2007]

Tableau 4.1– Tableau non exhaustif des facteurs influençant l'acceptabilité des technologies par les âgés

lation âgée et ainsi réduire la fracture numérique encore présente dans notre société tout en apportant une assistance quotidienne à ces personnes.

5

MODÈLE D'ANALYSE : SYNTHÈSE, DÉMARCHE ADOPTÉE ET OBJECTIFS

Sommaire

5.1	Synthèse des assises théoriques	66
5.2	Démarche adoptée et objectifs	68
5.2.1	Analyse des besoins	68
5.2.2	Conception, utilisabilité et acceptabilité d'une assistance ambiante do- miciliaire	70
5.2.3	Validation : Efficacité pour le maintien à domicile	71
5.3	Méthodologie	72
5.3.1	Participants	72
5.3.2	Protocole expérimental	73



Dans ce chapitre, il s'agit pour nous d'esquisser un modèle d'analyse synthétisant la littérature du domaine des gérontotechnologies pour le maintien à domicile. Comme tout modèle d'analyse, ce modèle a pour intérêt d'être heuristique, de guider la définition des objectifs des travaux et l'élaboration d'une méthodologie de travail, et de contraindre la sélection d'outils méthodologiques utiles aux objectifs.

En se basant sur le cadre théorique que nous résumerons en suivant, nous présenterons notre modèle d'analyse, la démarche qui en découle pour pallier les limites de l'existant, et expliciterons les objectifs attendus dans ce travail de recherche.

5.1 Synthèse des assises théoriques

D'un point de vue global, le cadre théorique présenté précédemment permet d'extraire quelques lignes directrices :

- **Variabilité intra- et inter-individuelle des effets du vieillissement** : Tout d'abord, nous avons pu voir que les personnes âgées présentent des caractéristiques particulières, mais aussi changeantes et hétérogènes, sur différentes dimensions : sensori-motrices, psycho-relationnelles, et sur le plan cognitif. Aussi, les personnes âgées mettent en place des stratégies de compensation pour pallier les pertes qu'elles éprouvent et maintenir ainsi tant faire se peut leur niveau de fonctionnement quotidien. Il en résulte que quel que soit le domaine considéré, une grande variabilité s'exprime dans les capacités des personnes âgées ;
- **Impact fonctionnel variable** : Les activités de vie quotidienne sont souvent rendues plus délicates avec l'avancée du vieillissement, notamment les activités complexes comme peuvent l'être la gestion du budget ou la préparation de repas (IADL), les activités sociales, la sécurisation de soi et du domicile, et le besoin d'auto-détermination. Plus simplement, les besoins de la personne âgée sont multiples dans le contexte de la vie domiciliaire. Ainsi, il est primordial de pouvoir mesurer et qualifier la bonne réalisation des activités quotidiennes par les âgés, tout en gardant à l'esprit que les différents outils de mesures sont à interpréter avec précaution car il peut être observé des divergences entre ces différentes mesures. Avec l'âge, la progression des difficultés fonctionnelles peut avoir de nombreuses conséquences : une diminution de la qualité de vie et du bien-être de l'âgé, une sollicitation plus importante de l'entourage familial et professionnel, parfois jusqu'à provoquer un fardeau ; et pouvant remettre en question le maintien à domicile de la personne âgée.
- **Limites actuelles et avantages à venir des AAD pour le maintien à domicile** : Dans le contexte d'accompagnement au maintien à domicile, un domaine en expansion est celui des gérontotechnologies. Parmi la multitude des technologies ciblant les âgés, les assistances ambiantes domiciliaires (AAD) se basent sur le concept d'orchestration de capteurs et actionneurs pour dispenser une assistance adaptée à l'utilisateur et à son

5.1. SYNTHÈSE DES ASSISES THÉORIQUES

environnement. Ces AAD peuvent être déjà commercialisées ou issues du monde de la recherche, et dans ce cas à différents niveaux de maturité : testées en laboratoire, à l'état de prototypes, ou déployées expérimentalement. Actuellement, les systèmes disponibles présentent encore de nombreuses limites, concernant l'assistance restreinte dispensée (ne répondant pas aux besoins multi-domaines et multi-tâches de la vie domiciliaire), les interfaces hétérogènes inadaptées aux capacités technologiques des personnes âgées, et la méthodologie de validation expérimentale, notamment en termes d'évaluation de l'efficacité pour l'autonomie à domicile et la diminution du fardeau de l'aidant, leviers indispensables à une utilisation et adoption à long terme.

Pour autant, les AAD présentent les avantages suivants :

- *Une couverture large d'activités sur les trois domaines de besoins de la personne âgée* : bien que très peu d'AAD aient été conçues pour cibler ensemble les trois domaines de besoins (AVQ, sécurité, lien social), elles ont été démontrées comme potentiellement efficaces sur chacun d'eux : 1) les activités quotidiennes, en dispensant notamment une aide à la prise de médicaments, un rappel de rendez-vous, ou une surveillance et/ou une assistance à la bonne réalisation des activités quotidiennes ; 2) la sécurité de la personne et de son domicile, en proposant majoritairement des dispositifs de détection de chute et d'alerte à un aidant ; et 3) les activités sociales et de loisir, en mettant à disposition des solutions de communication simplifiée ou des jeux adaptés collaboratifs ou individuels.
- *Soutien au développement durable* : contrairement à d'autres solutions numériques (e.g., Robots compagnons), les AAD reposent sur des petites technologies à faible coût (capteurs, actionneurs) dont la mise en œuvre ne requiert pas de modifications profondes de l'habitat. Cette caractéristique rend ce type de dispositif plus abordable et acceptable pour les futurs utilisateurs, et les acteurs du maintien à domicile tout en assurant de ne pas compromettre l'adaptation comportementale et habitudes de vie mis en place par la personne âgée durant ses années de vie à son domicile. A cela, leur déploiement peut être effectif rapidement sans mobiliser des savoirs techniques de haut niveau garantissant à court terme la soutenabilité technique et économique de tels dispositifs ;
- *Flexibilité des interfaces* : Comme le démontre l'hétérogénéité actuelle des interfaces associées aux dispositifs disponibles, les interfaces implémentées par ces systèmes peuvent être flexibles en termes de support (ordinateur, smartphone, tablette, système dédié, etc.) ou de protocoles d'interactions (tous les styles d'interaction homme-machine peuvent être potentiellement importés sur les supports choisis) ; il reste donc à en définir les meilleures propriétés pour un mode d'interaction unifié et adapté à la personne âgée ;
- *Qualité des services* : la performance des services d'assistance délivrés par une AAD peut être augmentée grâce aux informations d'activité prélevées *in situ* par les capteurs déployés (i.e., context/situation awareness).

- **Intérêts d'une conception centrée utilisateur pour soutenir l'acceptabilité et l'adoption des AAD :** Différents modèles de conception adaptés aux utilisateurs âgés, aussi appelées conception centrée-utilisateur, ont été proposés : elles reposent soit sur les *connaissances expertes* du vieillissement normal et les stratégies de compensation adaptées, soit sur des techniques de *conception participative* où un petit groupe d'utilisateurs influence activement la conception de la technologie. En complément, les facteurs influençant positivement ou négativement la bonne acceptabilité d'une technologie par les utilisateurs âgés ont été identifiés. En résumant différents modèles existants, trois catégories de facteurs peuvent être mises en lumière : 1) *les variables internes à l'utilisateur* (notamment son âge, son expérience avec les technologies, ses conditions de santé, ses motivations telles que celles sous-jacentes à l'auto-détermination) ; 2) *les variables liées à l'environnement* (par exemple, les politiques gouvernementales en lien avec le vieillissement, la disposition du domicile, l'entourage social, ou l'entraînement reçu), et 3) *les variables liées aux caractéristiques de la technologie* (incluant par exemple le prix, l'intrusivité, la fiabilité du dispositif ou la facilité d'utilisation). Ces facteurs sont représentés dans le modèle d'analyse ci-dessous (Figure 5.1) schématisant les 3 catégories de facteurs d'intérêt pour la conception d'une AAD en y intégrant *in fine* l'exigence de la personnalisation des services (sélection-paramétrage individuel) et l'exigence de l'évaluation (utilisabilité et efficacité de l'assistance fournie pour le maintien à domicile).

5.2 Démarche adoptée et objectifs

Sur la base du contexte théorique et du modèle d'analyse esquissé, une démarche méthodologique de conception centrée-utilisateur a été mise en place, pour concevoir une technologie d'assistance domiciliaire aux personnes âgées en perte d'autonomie. La technologie choisie repose sur un système AAD développé par l'équipe Phoenix du centre Inria de Bordeaux¹ afin de disposer d'une solution s'adaptant au profil particulier des utilisateurs âgés pour qu'elle soit acceptée, adoptée, et efficace pour le maintien à domicile.

Ainsi, différentes étapes ont été mises en place (figure 5.2) : l'analyse des besoins, la conception de la technologie, et la validation expérimentale, présentant chacun des objectifs spécifiques.

5.2.1 Analyse des besoins

Tout d'abord, pour concevoir une technologie d'assistance adaptée et acceptée par les utilisateurs âgés, il était nécessaire de prendre en compte les besoins des âgés, afin de se baser sur une approche centrée-utilisateur. Comme largement évoquée, la population âgée

1. <http://phoenix.inria.fr/>

5.2. DÉMARCHE ADOPTÉE ET OBJECTIFS

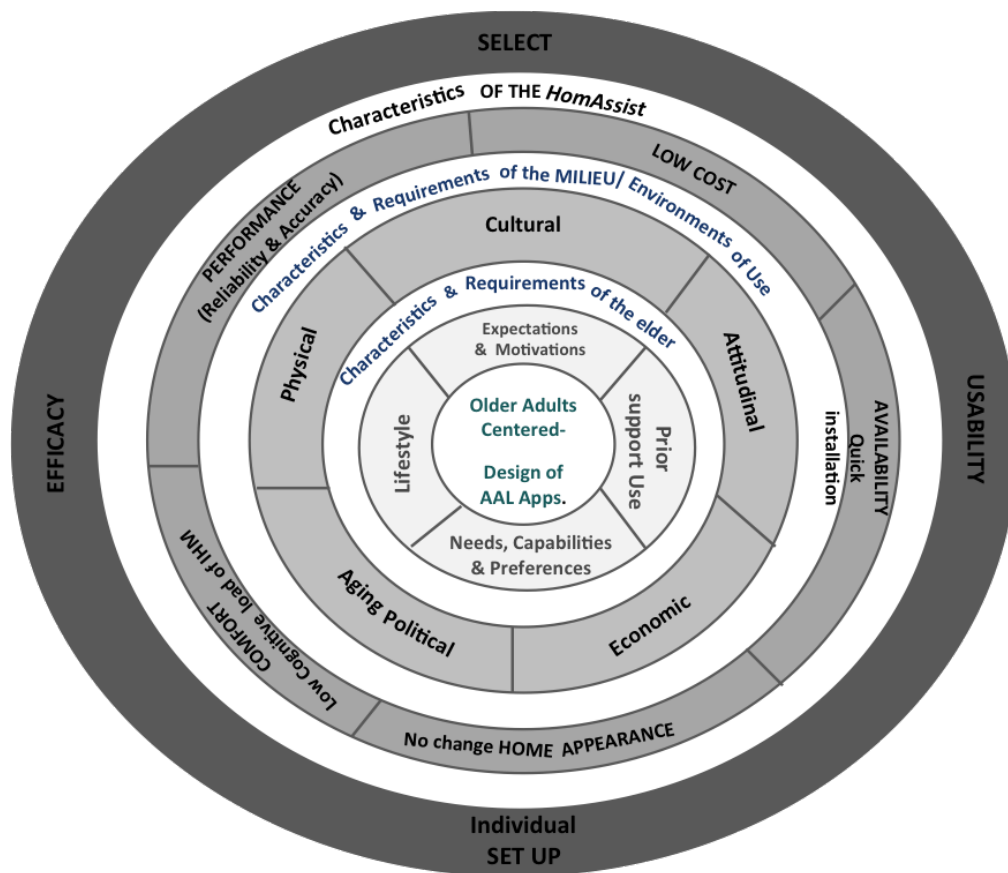


FIGURE 5.1– Facteurs intervenants dans la conception d’une AAD sous contraintes de personnalisation (sélection des assistances et paramétrage individualisé) et d’évaluation (utilisabilité, acceptabilité et efficacité)

revêt une grande diversité, pour cette raison nous avons ciblé un sous-groupe «pré-clinique» pour circonscrire notre démarche de conception à un ensemble plus restreint de besoins.

En particulier, nous avons ciblé les personnes âgées physiquement fragiles². Ces dernières, fragment le plus important de la population âgée, se caractérisent par des capacités sensori-motrices réduites, mais aussi une santé physique perçue diminuée, induisant ainsi un déclin fonctionnel de type perte légère à modérée d’autonomie [Fried *et al.*, 2001]. Bien que discuté, cette population présente des capacités cognitives allant du déclin cognitif ordinaire du vieillissement à des troubles légers [Ávila-Funes *et al.*, 2008; Clegg *et al.*, 2013]. Par

2. Le syndrome de la fragilité fut pour la première fois décrit par Fried en 2001 [Fried *et al.*, 2001], et est défini par l’observation de 3 parmi 5 critères à forte composante physique : perte de poids, faible endurance et énergie, lenteur de déplacements, faiblesse musculaire et activité physique réduite. Il a été démontré comme étant associé à un déclin de la réserve cognitive et un risque croissant d’incapacité, de chute, d’hospitalisation et de décès [Fried *et al.*, 2001]

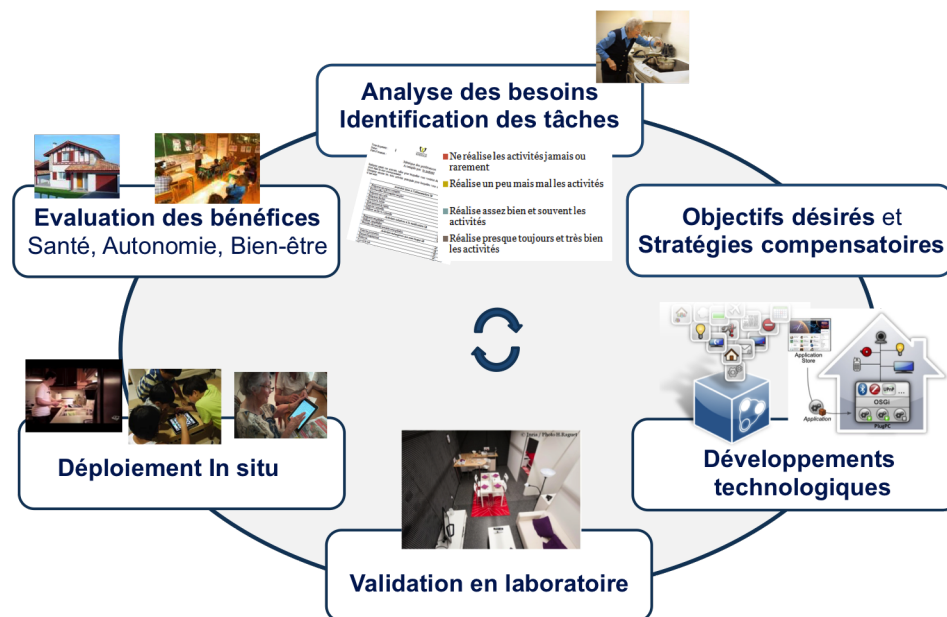


FIGURE 5.2– Schématisation de la démarche adoptée

ailleurs, il a été montré que les personnes fragiles sont une cible pertinente pour une intervention non-médicamenteuse visant le retour à un vieillissement réussi [Clegg *et al.*, 2013]. Notre premier objectif est donc de comprendre le fonctionnement quotidien et les difficultés de cette population physiquement fragile, en la comparant notamment avec des personnes âgées sans pertes physiques.

En continuité, une étude des besoins en technologies d'assistance a été réalisée auprès de cette population pour identifier pour chaque domaine d'assistance (*i.e.*, activités quotidiennes, sécurité, participation sociale) les services technologiques susceptibles de répondre aux difficultés quotidiennes rencontrées par ces personnes fragiles. Cette récolte du besoin d'assistance technologique doit également être la plus objective possible et répondre aux attentes des utilisateurs et de son entourage. Ainsi, un aidant de chaque participant doit aussi être sollicité dans notre étude.

5.2.2 Conception, utilisabilité et acceptabilité d'une assistance ambiante domiciliaire

Dans un deuxième temps, concernant les spécificités du dispositif d'assistance, il doit répondre aux caractéristiques d'une assistance ambiante domiciliaire, *i.e.*, être sensible, réactif, adaptatif, transparent et ubiquitaire. Notamment les outils «amont» à l'assistance, et en particulier les outils de monitoring des activités de vie quotidienne doivent pouvoir capter l'environnement de manière discrète et enclencher une assistance uniquement en cas de be-

5.2. DÉMARCHE ADOPTÉE ET OBJECTIFS

soin. Un autre objectif est donc de concevoir une méthodologie de détection de la réalisation des activités quotidiennes qui soit simple, non-intrusive, et à bas coût, et surtout fiable pour l'enclenchement des assistances.

De plus, bien qu'il soit nécessaire que cette AAD soit multi-tâches, elle doit offrir des interfaces uniformisées pour en faciliter l'apprentissage et l'utilisation auprès d'une population à faibles aptitudes technologiques. En effet, la multiplication des technologies d'assistance à la vie quotidienne et de leurs interfaces associées induit une multiplication des apprentissages, impliquant une forte charge cognitive pour les utilisateurs âgés. Ainsi, le système devra proposer une assistance dans les trois domaines sensibles au vieillissement : les activités quotidiennes, la sécurité, et les interactions sociales ; tout en dispensant un support et des modalités d'interaction unifiés. L'objectif est donc de proposer un cadre de conception permettant de qualifier les notifications d'assistance de manière simple, signifiante et homogène à l'utilisateur, de l'appliquer à notre système d'assistance, et d'en vérifier l'utilisabilité et l'acceptabilité.

Enfin, nous avons fait le choix de nous inscrire dans le concept théorique de l'auto-détermination, démontré comme favorisant l'acceptabilité des technologies et comme améliorant le bien-être des individus (il est toutefois à noter que ces effets n'ont pas été observés pour une population âgée). Ainsi, notre conception globale du dispositif d'assistance a pour objectif de promouvoir l'auto-détermination de l'utilisateur de par ses différentes fonctionnalités, tout en proposant en parallèle des principes de conception basés sur l'auto-détermination.

Il est également important que tous ces objectifs de conception doivent être accompagnés de mesures de l'utilisabilité et de l'acceptabilité des fonctionnalités que nous proposons, afin éventuellement permettre un réajustement du design initial.

5.2.3 Validation : Efficacité pour le maintien à domicile

Enfin, le dernier objectif concerne la validation expérimentale de ce système d'assistance. Pour faire face aux limites des études existantes, cette validation devra impliquer un nombre suffisant de participants pour permettre des analyses quantitatives ; et un groupe contrôle. La validation doit inclure à la fois des mesures d'utilisabilité et d'acceptabilité de la technologie, mais aussi et surtout des mesures de l'efficacité en termes de maintien à domicile reposant sur des outils quantitatifs normés, afin de faciliter les comparaisons avec les autres études du domaine. Le fardeau de l'aidant étant également un enjeu majeur de santé publique, il doit être pris en compte dans cette évaluation de l'efficacité du système. Pour finir, cette validation expérimentale doit bien évidemment être effectuée en situation réelle, au domicile de personnes âgées, et sur une période de temps suffisante pour révéler des effets d'intervention.

5.3 Méthodologie

5.3.1 Participants

Notre population d'étude fut constituée de personnes âgées physiquement fragiles, ce choix répondant à plusieurs arguments :

- Les personnes âgées fragiles et pré-fragiles représentent la majeure part des personnes âgées (plus de 40% des personnes de plus de 65 ans en France, [Ávila-Funes *et al.*, 2008]). Aguilova *et al.* [Aguilova *et al.*, 2014] avaient aussi observé auprès de 525 personnes âgées en Gironde que plus de 78% appartenaient aux groupes iso-ressources 6 à 4 (*i.e.*, en perte légère à modérée d'autonomie, correspondant ainsi à une population pré-fragile et fragile) ; montrant l'intérêt que représente cette population.
- Les personnes âgées fragiles présentent souvent des pertes d'autonomie, notamment concernant la réalisation des IADL [Fried *et al.*, 2001; Ávila-Funes *et al.*, 2008].
- Les personnes âgées fragiles ont besoin de soutien pour le maintien à domicile, étant donné que plus de 40% de cette population vit encore à son domicile [Ávila-Funes *et al.*, 2008], malgré la présence de difficultés quotidiennes. Ainsi, elles représentent une part importante de la population âgée nécessitant une aide humaine formelle ou informelle [Lopez-Hartmann *et al.*, 2012], induisant un impact sur les systèmes de santé publique.
- Les personnes âgées fragiles ont été identifiées comme étant bonne cible pour une intervention non-médicamenteuse [Clegg *et al.*, 2013], notamment pour soulager leurs difficultés sur les tâches complexes de la vie quotidienne [Péres *et al.*, 2008].

Dans ce contexte, le recrutement a été réalisé en collaboration avec le Réseau Public Départemental d'Aide à Domicile de Gironde³. Trois centres d'aide à domicile ont été sollicités pour participer au projet et nous accompagner dans le recrutement des participants : le SAAD de Bruges, le SAMD de Camblanes-et-Meynac, et le centre intercommunal de Captieux-Grignols. Ces centres ont été sélectionnés en fonction de leur localisation : Bruges est une commune urbaine, Camblanes-et-Meynac est considéré comme semi-urbain, et Captieux et Grignols sont des communes rurales.

Ainsi, pour se concentrer sur les personnes âgées pré-fragiles et fragiles, les critères d'inclusion étaient les suivants : être âgé d'au moins 70 ans, avoir une efficience cognitive globale préservée [avec un score au MMSE (Mini Mental State Examination, [Folstein *et al.*, 1975] supérieur à 27], présenter un déclin physique significatif à une batterie d'évaluation du fonctionnement physique de la personne âgée incluant : test de l'équilibre bi-podal, le *Timed Get Up and Go Test* (dans lequel le participant doit se lever d'une chaise, marcher 3 mètres puis revenir s'asseoir à la chaise), mesure de la vitesse de marche rapide, une mesure des capacités sensorielles, et une mesure de la masse corporelle.

3. www.rpdad.fr

5.3. MÉTHODOLOGIE

5.3.2 Protocole expérimental

Le protocole expérimental s'est déroulé autour de trois étapes consécutives : la caractérisation de la population d'étude et l'analyse de ses besoins en technologie d'assistance ; la conception des différentes fonctionnalités de notre plateforme d'assistance incluant une évaluation de l'utilisabilité du système ; et l'évaluation des bénéfices apportés par la technologie. Nous exposerons de manière générale les principes et mesures effectuées pour chaque étape de validation expérimentale, de plus amples détails étant présentés dans les articles inclus dans la partie empirique présentée par la suite.

Analyse des besoins de notre population cible.

Pour cette étape, nous avons tout d'abord voulu identifier le fonctionnement quotidien, les aptitudes cognitives ainsi que la santé perçue de notre population cible (*i.e.*, les personnes âgées physiquement fragiles) en les comparant à un groupe de sujets présentant des capacités physiques préservées (Etude 1). Ainsi, une batterie de tests moteurs couramment utilisée en gériatrie [Guralnik *et al.*, 1994], ainsi que des indicateurs de la masse corporelle et des capacités sensorielles nous ont permis d'évaluer le statut physique des sujets, qui étaient en conséquence divisés en deux groupes appariés. Les ressources cognitives étaient évaluées par deux tests neuropsychologiques (le *Dementia Rating Scale*, [Jurica *et al.*, 2004] ; et le *Frontal Assessment Battery*, [Dubois *et al.*, 2000]). Enfin, le fonctionnement quotidien était évalué de manière objective par le test *Timed-IADL* [Owsley *et al.*, 2002], et de manière subjective par une échelle de difficulté dans les IADL [Lawton *et al.*, 1982].

Dans un deuxième temps, l'évaluation des besoins en technologie d'assistance fut effectuée (Etude 2). Celle-ci fut rendue possible par le biais de scénarii d'usages présentant différentes technologies d'assistance (4 technologies présentées par domaine d'assistance, *i.e.*, les activités de vie quotidienne, la sécurité et les interactions sociales) que nous dispensions aux sujets. Ces derniers, qui étaient constitués de personnes âgées fragiles et de leurs aidants, devaient indiquer leur intérêt pour la technologie présentée et s'ils souhaitaient avoir cette technologie chez eux (ou que l'âge ait la technologie, dans le cas du questionnaire à l'aidant). Le fonctionnement physique et cognitif des sujets âgés était également évalué par les mêmes outils que présentés ci-dessus, dans l'objectif de faire le lien entre besoin en assistance, fonctionnement cognitif, fonctionnement physique et difficultés quotidiennes.

Conception et validation du design de l'assistance ambiante domiciliaire.

Cette étape de conception fut rendue possible grâce au déploiement de notre plateforme pendant 6 mois au domicile de 24 participants dont 17 participants âgés en perte légère ou modérée d'autonomie. Pour cette seconde phase, un critère d'inclusion supplémentaire fut ajouté : les participants devaient vivre seul, et cela pour plusieurs raisons. Tout d'abord la solitude est considérée comme un facteur de risque majeur de perte d'autonomie et donc nécessitant de manière plus importante une assistance (*e.g.*, [Dykstra, 2009]) ; d'un point de

vue technique, un unique utilisateur permet au dispositif d'être plus personnalisé, facilite la détection des activités par le système ambiant, et réduit les sources d'erreurs, comme rapporté dans la littérature [Logan *et al.*, 2007].

Une fois la plateforme installée au domicile du participant, celui-ci recevait quatre séances de formation à l'utilisation du dispositif, d'environ 45 min chacune et réparties à raison d'une séance par semaine.

Ainsi, différentes fonctionnalités de notre plateforme furent conçues et testées : le système de vérification de la réalisation des activités de vie quotidiennes (Etude 3) et le système de notification unifié (Etude 4). Le design global du système, inspiré de la théorie de l'auto-détermination, fut également évalué (Etude 5).

Plus précisément, l'Etude 4 fut basée sur les données récoltées par les capteurs (appelés *logs*) pour évaluer la fiabilité et la sensibilité de notre approche de vérification de la réalisation des activités quotidiennes, et ceci comparé à une analyse humaine de l'activité observée.

Pour les autres études, les principes de conception appliqués furent validés grâce à des mesures de l'utilisabilité et de l'acceptabilité du système.

Dans notre cas, l'utilisabilité fut évaluée par des mesures objectives par le biais de scénarii d'utilisation inspirés du *Timed-IADL*, dans lesquels les sujets avaient à réaliser des tâches simples dans un temps imparti. Ces tâches portaient sur la réponse à différentes notifications. La satisfaction subjective, dimension de l'utilisabilité, fut également évaluée grâce au questionnaire QUEST (*Quebec User Evaluation of Satisfaction with Technology*, [Demers *et al.*, 2002]).

L'acceptabilité fut quant à elle évaluée grâce au questionnaire Attrakdiff proposé par Hassenzahl [Hassenzahl, 2004]. Ce questionnaire mesure l'acceptabilité sur 5 dimensions : la qualité ergonomique (*i.e.*, la facilité d'utilisation perçue), la qualité hédonique (*i.e.*, l'intérêt porté au système), l'attrait (*i.e.*, le plaisir d'utilisation), la perception de sécurité (*i.e.*, l'absence d'anxiété envers la technologie) et l'influence sociale (*i.e.*, l'impact ressenti de l'entourage de l'utilisateur sur l'acceptabilité du système).

Dans le cas de certaines études (*i.e.*, Etudes 4 et 5), des mesures du fonctionnement cognitif, du fonctionnement physique et du sentiment d'auto-détermination furent aussi effectuées, afin d'en observer les liens avec l'utilisabilité et l'acceptabilité du système.

Evaluation de l'efficacité du système d'assistance.

Pour cette étape, l'inclusion d'un groupe contrôle a été nécessaire, afin d'identifier les effets spécifiques de la plateforme sur les différents indicateurs de l'efficacité du système et contrôler les effets classiques du vieillissement. Le groupe contrôle fut recruté pour obtenir un appariement avec le groupe équipé concernant l'âge, le genre, le statut cognitif (MMSE) et le niveau de santé perçue. Le groupe contrôle fut sollicité en parallèle du groupe équipé, *i.e.*, sur la même période de 6 mois.

5.3. MÉTHODOLOGIE

Dans cette phase, l'aidant professionnel de chaque participant fut également impliqué, afin de recueillir un avis extérieur à la situation de l'âgé et d'évaluer l'impact de la plateforme sur leur fardeau d'assistance. Le choix de solliciter l'aidant professionnel fut pris pour plusieurs raisons : tout d'abord, la population des aides à domicile a été démontrée comme étant souvent sujette à un fardeau professionnel, pouvant aller jusqu'à entraîner un *burnout* (Enquête INRS, 2002⁴) ; il a également été démontré par d'autres études que les professionnels avaient un avis plus objectif de la situation de l'aidé, l'aspect émotionnel étant moins présent [Santos-Eggimann *et al.*, 1999] ; enfin notre contact avec les centres d'aide à domicile nous a permis de contacter facilement ces professionnels, alors que les aidants familiaux se révélèrent peu disponibles, la plupart encore en activité professionnelle et/ou éloignés géographiquement.

Dans ce contexte, une étude évaluant les bénéfices apportés par l'utilisation de notre plateforme d'assistance (Etude 6.). Dans cette étude, les indicateurs retenus furent le statut fonctionnel de l'âgé, et le fardeau de l'aidant. Le statut fonctionnel fut évalué de manière subjective par une échelle de difficulté dans les IADL administrée à l'âgé, et un hétéro-questionnaire sur le statut fonctionnel de l'âgé (l'Inventaire des Habiletés de Vie en Appartement, [Corbeil *et al.*, 2009]) administré à l'aidant. Le fardeau de l'aidant est par ailleurs évalué à l'aide de deux questionnaires, l'un questionnant le fardeau professionnel global (le *Maslach Burnout Inventory*, [Maslach et Jackson, 1981]), l'autre dédié au fardeau dans l'assistance du sujet âgé en particulier (une échelle dédié évaluant les difficultés de support dans différents IADL).

Les trois sections de la 2^{nde} partie de ce document présenterons donc les résultats de ces trois étapes de conception et validation expérimentale d'un système d'assistance domiciliaire, par le biais de sept articles scientifiques publiés ou soumis dans des journaux ou conférences informatiques.

4. <https://www.ressources-pro-sap.entreprises.gouv.fr>

6

RÉSULTATS EMPIRIQUES : ÉVALUATION DU BESOIN EN TECHNOLOGIE D'ASSISTANCE

Sommaire

6.1	Rôle du fonctionnement cognitif sur le fonctionnement quotidien de personnes âgées fragiles	78
6.1.1	Background	79
6.1.2	Methods	81
6.1.3	Results	85
6.1.4	Discussion	87
6.2	Analyse des besoins en technologie d'assistance	90
6.2.1	Introduction	90
6.2.2	Methodology	92
6.2.3	Results	94
6.2.4	Discussion	96
6.2.5	Conclusions and perspectives	97





Ce premier chapitre empirique est la première étape de notre travail avec pour objectif d'étudier les personnes âgées physiquement fragiles en termes de capacités fonctionnelles pour la vie quotidienne, de fonctionnement cognitif, et des stratégies de compensations mises en place par ces sujets (Etude 1). Puis, il s'agissait d'identifier pour ce public de personnes âgées, les besoins en assistance technologique dans les trois domaines d'assistance : les activités de vie quotidienne, la sécurité de la personne et de son domicile, et le lien social (Etude 2).

Dans ce but, la première étude a eu pour objectif d'explorer chez les personnes âgées physiquement fragiles le possible rôle compensatoire des ressources cognitives pour maintenir une bonne réalisation des activités quotidiennes. Ainsi, deux groupes de personnes âgées vivant à domicile ($n = 26$ par groupe) appariés en âge et en ressources cognitives ont été constitués selon leur niveau de fonctionnement physique (Faible fonctionnement physique – Faible FP vs. Haut fonctionnement physique – Haut FP). Les mesures du fonctionnement quotidien consistaient en une mesure auto-rapportée par le sujet, ainsi qu'une mesure objective de performance dans la réalisation d'AVQ (grâce au Timed-IADL), la santé physique et mentale perçue étaient aussi évaluées.

Ensuite, la deuxième étude s'est intéressée aux besoins ressentis en Technologies d'Assistance (TA) dans les trois domaines d'assistance auprès de 50 personnes âgées vivant à domicile et leurs aidants. Cette récolte du besoin était réalisée par le biais d'un questionnaire présentant des technologies d'assistance sous la forme de scénarii d'utilisation, qui était administré aussi bien aux participants âgés qu'à leur aidant. Les technologies étaient regroupées en fonction de leur domaine d'assistance : les AVQ, la sécurité, et le lien social. Pour identifier le besoin objectif de la personne âgée, une mesure de leur fonctionnement cognitif et physique était également effectuée. L'objectif était de comparer les besoins en TA exprimés par les participants âgés et leurs aidants, dans les trois domaines d'assistance, et les mettre en relation avec le fonctionnement physique et cognitif des sujets âgés.



6.1 Etude 1. Rôle du fonctionnement cognitif sur le fonctionnement quotidien de personnes âgées fragiles

Cette étude a fait l'objet de deux communications orales dans des conférences françaises : aux Journées d'Etude du Vieillissement cognitif 2014 (Caen) et à la conférence de la Société Française de Psychologie 2016 (Strasbourg). Il est actuellement soumis dans une édition spéciale du journal *Psychologie Française*.

Title. Role of cognitive functioning on everyday functioning among oldest old physically frail

Authors. Lucile Dupuy, Charles Consel, Hélène Sauzéon

Keywords. aging ; physical functioning, cognitive resources, daily life activities, compensation

Abstract. *Background :* Physical loss with aging is one of the most critical factors leading to disability. The aim of this study is to investigate in old people physically frail the possible compensatory role of cognitive resources to perform everyday tasks.

Methods : Two groups of community-dwelling old participants (n=26 per group) matched for their age and cognitive resources, have been drawn according to their level of physical functioning (Low PF vs. High PF). Everyday functioning assessments consisted of self-reported and performance-based measures of IADL (the Timed-IADL), and self-perceived mental and physical health measures.

Results : The participants with Low PF performed as well as their counterparts with High PF on the Timed-IADL. Contrariwise, the two groups differed on self-reported IADL measures and physical health, revealing self-perceived everyday problems in the participants with Low PF. Importantly, mediating effects of variable cognitive resources are reported. First, the cognitive resources are strongly related to the performance-based IADL measure by all the participants but this positive relationship is increased in the Low PF group. Second, the cognitive resources are negatively correlated to IADL problems self-reported by the participants with Low PF, whereas no relation is observed in participants with High PF. This suggests that for these Low PF participants, lower cognitive resources are associated with more self-perceived IADL problems.

Conclusion : These results are discussed in terms of the compensatory role of cognitive resources in everyday functioning among physically frail elders.



6.1. RÔLE DU FONCTIONNEMENT COGNITIF SUR LE FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN DE PERSONNES ÂGÉES FRAGILES

6.1.1 Background

Aging is a multifactorial process, which is influenced by a large number of physical, psychological and social variables. While many persons experience healthy aging without significant impairments, sensory, motor and cognitive decline can occur with age. In any case, the capacity to perform activities of daily living can be affected (for review, e.g., [Gold, 2012]). In this study, we focus on the compensatory role of cognitive resources on independent everyday functioning among older adults who have reduced physical functioning such as visual decline or problems with gait.

Independent everyday functioning and its assessment

Independent everyday functioning, commonly called functional status, refers to the individual's abilities to autonomously perform the activities of daily life (ADL) [Diehl, 1998; Heyl et Wahl, 2012]. ADLs include basic (BADLs) and instrumental (IADLs) activities of daily living [Lawton *et al.*, 1982; Gold, 2012]. The former refer to basic, physical, self-care tasks, such as ambulating, dressing, grooming, toileting, eating etc. The latter activities are more complex self-care tasks, such as meal preparation, medication and financial management, etc. Hence, IADLs entail more cognitively complex tasks than BADLs [Lawton *et al.*, 1982]. The IADL-related abilities are often assessed through self-reports or proxy ratings of an individual's ability to perform activities. IADL questionnaires commonly used in the older adult population include the Multilevel Assessment Instrument [Lawton *et al.*, 1982], the SF-36 [Ware Jr et Sherbourne, 1992] and the OARS Multidimensional Functional Assessment Questionnaire [Fillenbaum, 2013]. As these questionnaires can generate biases and inaccuracies in the informant's perceptions, they are increasingly being complemented with objective performance measures of physical and cognitive tasks important for everyday functioning, such as the Timed Instrumental Activities of Daily Living test (TIADL, [Owsley *et al.*, 2002]; for a review of such ADL measures, see [Moore *et al.*, 2007]). Note that in cognitively healthy old people, self-reported ADL measures still remain strongly related to objective measures of everyday functioning [Burton *et al.*, 2009; Bravell *et al.*, 2011].

Main underpinnings of age-related changes in Independent everyday functioning

ADL performance is related to socio-demographic variables such as age, gender, education, and marital status (e.g., [Avlund *et al.*, 2003; Puts *et al.*, 2005]). For instance, an advanced age and lower education have been independently associated with poorer functional status [Artero *et al.*, 2001].

Cognitive abilities, primarily executive functioning such as planning/shifting abilities, are also well documented as major underpinnings of functional status (for a review, [Burton *et al.*, 2006]). Similarly, there is ample evidence for a positive relationship between poorer physical aptitude, such as higher-level balance loss, and higher-level ADL loss (e.g., [Avlund *et al.*, 2003; Puts *et al.*, 2005]). Physical functioning is essential for maintaining ADLs and

age-related physical loss leads to serious ADL limitations [Seidel *et al.*, 2011]. For instance, an impaired balance renders the gait uncertain (*i.e.*, with possible negative outcomes like falls or even sickness), which, in turn, may cause a person to avoid or reduce their mobility [Owsley *et al.*, 2002]. A related finding is that decline in physical aptitude decreases the self-perceived health and the physical well-being with aging [Gross *et al.*, 2011; Samuel *et al.*, 2012].

Finally, there is growing evidence that cognitive and physical functioning tend to be closely intertwined in late adulthood, as supported by studies revealing a positive relationship between higher cognitive decline, such as executive dysfunctions, and higher-level physical loss, such as gait disturbances (*i.e.*, those excluding musculoskeletal and peripheral disorders like neuropathy, spasticity, cerebellar syndromes and extrapyramidal disorders) [Nutt *et al.*, 1993; Scherder *et al.*, 2008].

Overall, both cognitive and physical functioning are essential prerequisites for carrying out ADLs in late adulthood. However, according to the studies based on community-dwelling samples of healthy older adults, physical functioning becomes more critical in advanced age (over 80 years old) than cognitive functioning for predicting performance in ADLs [Gold, 2012]. In others words, oldest elders continue to perform ADL tasks by securing their physical functioning (*e.g.*, walking safely, keeping one's balance). Taken together, these findings stress that the ADL decline with aging is multi-determined and that the understanding of managing aspects of physical and cognitive functioning into ADLs is likely to be a fruitful way for giving insight into everyday functioning in later life.

Age-related changes in the relationships between Cognitive and Physical functioning to perform ADLs

The dependency with aging between physical and cognitive functioning is increasingly reported in the literature, particularly in studies using dual tasks [Li *et al.*, 2001, 2005; Lövdén *et al.*, 2005; Doumas *et al.*, 2008] or even naturalistic tasks like planning a route while walking [Taillade *et al.*, 2013]. Typically, it is observed that older adults tend to "prioritize" sensorimotor processing (requiring increasing attentional resources in older adulthood) over cognitive processing, when dual "cognitive-sensorimotor" processing is necessary to conduct a given task (*e.g.*, [Li *et al.*, 2001; Lövdén *et al.*, 2005]). Because of the decline of their physical aptitude, older adults need to invest more cognitive resources in the regulation of sensorimotor behavior than younger adults, notably for walking safely [Lindenberger *et al.*, 2000; Riediger *et al.*, 2006]. This age-related condition directly impacts ADLs since such activities require simultaneous coordination of physical and cognitive functions.

The age-related changes in the coordination of physical and cognitive functions can be related to the issue of compensation : a strategy responding to functional decline in old age that is described by the model of selective optimization with compensation (SOC) [Baltes *et al.*, 1990; Lang *et al.*, 2002]. Applied to the situation of gait and balance loss in later life, compensation means that due to a significantly reduced physical aptitude in daily life, older

6.1. RÔLE DU FONCTIONNEMENT COGNITIF SUR LE FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN DE PERSONNES ÂGÉES FRAGILES

adults are forced to rely more intensively on cognitive resources to conduct ADLs. Recently, a similar assumption has been tested by Heyl and Wahl [Heyl et Wahl, 2012] in the context of ADL tasks, but addressing sensory impairment with aging. Specifically, these authors have successfully shown that cognitive resources and behavior-related everyday functioning are more closely related in older adults having sensory impairments as compared to sensory unimpaired counterparts. As evidence, under the sensory impairment condition, the role of cognitive functioning in ADL tasks has seen to be increased. This finding conforms to the SOC model as well as the *sensory deficit theory of cognitive aging* claiming that age-related deficits in sensory processing play a major role in age-related cognitive decline [Lindenberger et Baltes, 1994](for a review, see [Dennis et Cabeza, 2008]).

The compensatory role of cognitive functioning in ADLs deserves special consideration among “old-old” adults (over 80 years), notably in light of their physical disturbances, commonly reported as critical for their independent everyday functioning. If cognitive functioning plays a compensatory role in ADLs in situations of physical frailty, one might expect to observe this situation in individuals who maintain cognitive performance, despite being old-old adults. Understanding the relationship between physical and cognitive functioning in the context of aging should give key insights into the enhancement of everyday functioning and the promotion of aging in place in very late life.

In this line of research, the present study attempts to provide further evidence for the involvement of cognitive resources in the maintenance of ADLs in cognitively spared old-old adults, despite the presence of physical decline. The population selected is a sample of cognitively healthy older adults who are divided into two groups on the basis of their performance on tests assessing their physical functioning (in terms of mobility, corporal balance, body mass and sensory functions). The expected results are that old adults having physical disturbances rely more on their cognitive resources to successfully perform ADL tasks for coping with their physical decline. However, as they are cognitively spared, they should accurately self-perceive their limitations for carrying out ADL tasks.

6.1.2 Methods

According to Helsinki declaration, approval was sought and obtained from the ethics committee of the Bordeaux University. All participants provided a written consent form prior to participation in the study.

Recruitment and final participants

To test our research assumptions, it was essential to include old participants with physical disturbances. Such participants had to be in an advanced age and users of home services, notably for housekeeping tasks. For this reason, we collaborated with three public home services for elders randomly selected among all the Gironde municipalities with a location

criterion as follows : one urban, one semi-urban and one rural location. In France, the level of public financial support for home service is determined by the functional status. As a result, each file of a home-service beneficiary is documented by the results of a geriatric assessment performed by medical consultants, according to the AGGIR scale (gerontological ISO norms for autonomy practiced in France to establish a person's functional status). Within our sample, the individuals presenting a dependency syndrome (GIR-score inferior to 4) were excluded from the study. Among the remaining individuals, we conducted around a hundred of phone calls and 86 older adults accepted to participate to the study. They underwent a battery of tests. All the interviews were done at the person's home across two sessions. Thirty-four elders were excluded from the study because of their MMSE score (< 27) to avoid pathological cognitive impairment, such as dementia cases. Then, we created our two groups of subjects regarding their physical functioning scores (see below for the calculation of this score). Eventually, the study sample consisted of 52 community-dwelling old adults aged between 73 to 94 years (mean age 82.2 ± 4.7) ; 9 males and 43 females ; they were still autonomous and without cognitive impairment.

Assessment of Physical functioning

Tasks were selected from widely used clinical and research scales for assessing physical functioning [Guralnik *et al.*, 1994] as follows :

Five Chair Stands (lower body strength) : The participant is asked to stand up from a chair five times without using their arms. The time is recorded and the test is scored from 4 - the participant takes less than 11.1 sec to complete the task to 0 - the participant is unable to perform task.

Static Balance Testing consists of three sorts of standing : side-by-side stand, semi-tandem stand and tandem stand ; each of them scored from 4 - the participant holds the three standing positions for more than 10 sec ; to 0 - the participant did not attempted any standing position.

Timed Get Up and Go Test (agility and dynamic balance) : This test consists of rising from a chair, walking three meters, turning around, walking back to the chair, and sitting down. Time in seconds to complete the task is recorded. The task is scored as followed : 1 - the task is completed in more than 30 sec, 2- the task is completed from 20 to 30 sec, and 3 - the task is completed in less than 10 sec (in this case, mobility is considered normal).

Gait Speed Test corresponds to a timed 4-meter walk. It is scored from 4 - time is less than 4.82 sec - to 0 - the participant was unable to do the walk.

The score from these four tests ranged from 0 to 13 with higher values indicating greater mobility function.

Body mass is also an important component of physical functioning [de Souza Santos *et al.*, 2011]. Thus, two indices have been scored according to Mini-Nutritional Assessment [Vellas *et al.*, 1999]. First, the Body Mass Index (BMI) was calculated according to the standard formula [$BMI = \text{mass (kg)} / (\text{height (m)})^2$]. The BMI is scored from 0 to 3 with higher values

6.1. RÔLE DU FONCTIONNEMENT COGNITIF SUR LE FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN DE PERSONNES ÂGÉES FRAGILES

indicating higher BMI values. Second, the brachial and calf perimeters are scored from 0 to 2 with higher values indicating higher lean mass values. Summed, the two indices provide a score from 0 to 5, with a higher score indicating a better body mass.

Finally, *sensory abilities*, particularly visual acuity and hearing were assessed with a three-point Likert-type scale, ranging from 0 to 2 (where 0 corresponds to the highest sensory loss). So, sensory scale provided score ranged from 0 to 4 with higher scores indicating better sensory functions.

So, the score from all test ranged from 0 to 24 with higher values indicating greater physical functioning (see Table 6.1). From this score, participants were then divided into two subgroups based on their physical performance (see below) : participants above the physical functioning score median were considered as ‘high physical functioning’ (n=26, 5 males and 21 females), whereas other participants were considered as ‘low physical functioning’ (n=26, 4 males and 22 females). These two groups were equivalent in terms of socio-demographic characteristics, cognitive functioning (including Mini-Mental State Evaluation, MMSE [Folstein *et al.*, 1975] ; and Cognitive resource score described below), and cognitive complaint (assessed by Cognitive Difficulties Scale, CDS [McNair et Kahn, 1983; Derouesne *et al.*, 1993]) (see Table 6.1).

	Physical Functioning		Group comparison
	Low Mean (SD)	High Mean (SD)	
Age	83.12 (.88)	81.12 (.95)	t(50) = 1.54 ; p = .13
Gender (% female)	80.77	84.61	t(50) = .36 ; p = .72
Education years	9.81 (.45)	8.96 (.49)	t(50) = 1.27 ; p = .21
Family status (% married)	23.08	19.23	t(50) = .333 ; p = .74
MMSE [0 – 30]	28.26 (.24)	28.35 (.25)	t(50) = -.26 ; p = .78
Physical functioning score [0 – 24]	13.40 (.77)	20.62 (.32)	t(50) = -8.67 ; p < .0001
Cognitive resources [0 – 162]	146.24 (3.31)	150.30 (1.68)	t(50) = -1.809 ; p = .28
CDS score [0 – 148]	42.95 (4.26)	34.33 (3.68)	t(50) = 1.53 ; p = .13

Note : SD : Standard Deviation, MMSE : Mini Mental Status Examination, CDS : Cognitive Difficulties Scale, interval notations are used for score ranges.

Tableau 6.1– Characteristics of the two groups of older adults participants according to the level of physical functioning (High vs. Low Physical Functioning).

Assessment of cognitive resources

Scales were selected from widely used clinical and research scales for providing a proxy for cognitive resources among elders (*e.g.*, [Gold, 2012]).

General cognitive functioning : The Dementia Rating Scale-2 (DRS-2) [Jurica *et al.*, 2004] has been used. It assesses five cognitive domains, including attention (e.g., forward and backward digit span, ability to follow commands), initiation – perseveration (semantic fluency, motor fluency and perseveration), abstraction (conceptualization from verbal and non-verbal stimuli), visual-constructional abilities (copy of geometric figures and signature writing) and verbal as well as non-verbal memory (recall and recognition). This scale gives a score between 0 and 144 (where 144 is the best score).

Executive functioning : The Frontal Assessment Battery (FAB) [Dubois *et al.*, 2000] has been administrated. It probes several domains including conceptualization, mental flexibility, motor programming, resistance to interference, self-regulation, inhibitory control, and environmental autonomy. FAB gives a score ranging from 0 to 18 (where 18 is the maximum score).

The cognitive resource measure refers to the sum of scores obtained on each scale (with a maximum score of 162). As indicated in Table 6.1, the two groups of old participants did not differ for the cognitive resource measures.

Assessment of everyday functioning

Performance based assessment. We applied the Timed-IADL Tasks [Owsley *et al.*, 2002], composed of five timed tasks that simulate everyday instrumental activities of daily living : communication (finding a telephone number in the telephone directory), finance (finding and counting out correct change of money), cooking (finding and reading the ingredients on three food cans), shopping (finding two specific items in an array of food items) and medicine (finding and reading the directions on medicine containers). Each task is scored as 1 – completed without errors and within the time limit, 2 – completed with minor errors, or 3 – not completed within the time limit, or completed with major errors. Thus, the TIADL gives a score range from 5 to 15, higher scores indicating more difficulties to perform the tasks.

Self-report assessment. We assess a 24-items scale based on ADL and IADL items [Lawton *et al.*, 1982], where the answer is based on a 5-point Lickert-type format varying from 0 – not at all difficult, to 4 – very difficult. Then, we selected the 15 IADL items to identify the self-reported IADL score (range from 0 to 60).

Assessment of Self-perceived health. We assess the health related quality of life using the Short Form-36 (SF-36) questionnaire [Ware Jr et Sherbourne, 1992]. This questionnaire consists of 36 items, covering eight dimensions (physical functioning, physical limitations, body pain, general health, vitality, social functioning, limitations due to emotional problems, and mental health) and provides two summary scores, namely physical score and mental score.

6.1. RÔLE DU FONCTIONNEMENT COGNITIF SUR LE FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN DE PERSONNES ÂGÉES FRAGILES

6.1.3 Results

First, global correlations including all the participants have been carried out between all the measures of everyday functioning and cognitive functioning score (Table 6.2). Second, group comparisons (Low Physical Functioning vs. High Physical Functioning) have been performed with the Student's t test procedure on each measures of everyday functioning (Table 6.3). Third, to assess the influence of the Cognitive Resource factor on IADL measures, ANCOVAs were carried out with the following statistical design : Group variable as ordinal independent factor, Cognitive Resources as continuous covariant factor, and Group* Cognitive resource as interaction factor (Table 6.4). Each effect size was computed with η^2 (using the following formula : $\eta^2 = (SS \text{ effect}) / (SS \text{ effect} + SS \text{ error})$ (Cohen, 1988). Finally, when an interaction effect was significant on a measure of IADL, correlations (between cognitive resource and the concerned IADL measure) were performed by group. All data analysis was performed using SPSS 20.0.

Global relationships between the everyday functioning measures and the cognitive resources measures

As illustrated in Table 6.2, the performance-based and self-reported measures of IADL are significantly related ($r = .39$; $p = .004$). Similarly, the physical and mental sub-scores were strongly related ($r = .51$; $p < .001$). Concerning the relationships between cognitive resources and everyday functioning measures, both performance-based and self-reported measures are strongly correlated with cognitive resources (TIADL : $r = -.75$; $p < .001$; self-perceived IADL : $r = -.48$; $p < .001$).

	Timed-IADL	Self-reported IADL	SF-36 physical	SF-36 mental	Cognitive Resources
Timed-IADL	-	.39**	.04	-.06	-.75***
Self-reported IADL		-	-.40**	-.22	-.48***
SF-36 physical			-	.51***	.06
SF-36 mental				-	.25

Note : SD : Standard Deviation, MMSE : Mini Mental Status Examination, CDS : Cognitive Difficulties Scale, interval notations are used for score ranges.

Tableau 6.2– Inter-correlations between measures of everyday functioning and cognitive resource measure for all participants group.

Effects of physical functioning level on everyday functioning

In terms of performance-based assessment (Table 6.3, the Low and High Physical Functioning groups had nearly similar performance on the TIADL test ($t(50) = .97$; $p > .300$). In-

terestingly, in terms of self-report assessment, self-reported difficulties to perform everyday activities (self-report IADL score, $t(50) = 3.27$; $p = .002$) are higher for the Low Physical Functioning group than for the High Physical Functioning group. Concerning the assessment of self-perceived health, the two groups of participants did not differ in terms of self-perceived mental health, *i.e.*, SF-36's mental sub-score ($t(50) = -1.32$; $p > .100$). By contrast, compared to the High Physical Functioning group, the Low Physical Functioning group performed lower on the SF-36's physical sub-score ($t(50) = -3.76$; $p < .001$), indicating a decreased self-perceived physical health.

	Physical Functioning		Group comparison
	Low Mean (SD)	High Mean (SD)	
Timed-IADL score [5 – 15]	5.39 (.22)	5.96 (.29)	$t(50) = 0.00$; $p > .90$
Self-reported IADL score [0 – 60]	20.21 (.94)	26.43 (1.46)	$t(50) = -2.77$; $p < .01$
SF-36 physical [0 – 100]	37.28 (4.04)	57.24 (3.45)	$t(50) = -3.76$; $p < .001$
SF-36 mental [0 – 100]	55.07 (4.56)	63.41 (4.36)	$t(50) = -1.32$; $p > .10$

Note : IADL=Instrumental Activities of Daily Living ; SF-36=Short Form-36 ; * $p < .05$, *** $p < .001$

Tableau 6.3– Performance-based and self-reported measures of Everyday functioning for the two groups of older participants (High vs. Low Physical Functioning group).

Impact of cognitive resources on the relation between physical level and ADL

To assess the possible managing effect of everyday functioning by cognitive resources when physical functioning is limited, an ANCOVA analysis has been performed on each dependent measure of IADL (TIADL ; self-reported IADL). The ANCOVA results include the single effect of group or cognitive resource factor, as well as the interaction effect (Group*Cognitive Resources factor) (Table 6.4).

First, a large effect of cognitive resource factor is observed on the performance-based measure (*i.e.*, TIADL score) ($p < .001$; $\eta^2 = .55$), and an interaction effect Group*Cognitive Resources is observed ($p < .001$; $\eta^2 = .56$).

Second, for self-reported assessment (*i.e.*, Self-reported IADL), effects are reliably observed for Group factor (Low vs. High PF) ($p = .004$; $\eta^2 = .16$), Cognitive Resources ($p = .001$; $\eta^2 = .22$), and for Group* Cognitive Resources effect ($p < .001$; $\eta^2 = .35$).

These two interaction effects are informed with correlations by group condition between Cognitive Resources measure and self-reported IADL scores that are subsequently compared (Table 6.5).

First, concerning correlations between TIADL scores and Cognitive Resources measure, a significant negative r -value is obtained for the two groups (Low PF : $r = -.78$; $p < .001$; High PF : $r = -.60$; $p = .001$). This correlation indicates that higher cognitive resources are associated

6.1. RÔLE DU FONCTIONNEMENT COGNITIF SUR LE FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN DE PERSONNES ÂGÉES FRAGILES

	Group	Cog. Resources	Interaction Group*Cog. Resources
Timed-IADL	F(1,52) = .05 ns	F(1,52) = 60.22*** $\eta^2 = .55$	F(1,52) = 31.11*** $\eta^2 = .56$
Self-reported IADL	F(1,52) = 13.63** $\eta^2 = .22$	F(1,52) = 9.35** $\eta^2 = .16$	F(1,52) = 13.39*** $\eta^2 = .35$

Note : ANCOVAs=analysis of covariance ; * p < .05, ** p < .01, *** p < .001 ; η^2 =effect sizes ; IADL=Instrumental Activities of Daily Living ; ns=non significant.

Tableau 6.4– ANCOVAs results controlling for cognitive resource variable. Effets of Group (High PF vs. Low PF), Cognitive Resources and Interaction Group* Cognitive Resources are informed.

	Timed-IADL	Self-reported IADL	Cognitives Resources
Timed-IADL	-	.19	-.60**
Self-reported IADL	.44*	-	-.30
Cognitives Resources	-.78***	-.54**	-

Note : * p < .05 ; ** p < .01 ; *** p < .001 ; IADL=Instrumental Activities of Daily Living

Tableau 6.5– Inter-correlations between measures of everyday functioning and cognitive resource measure for the two groups of participants : High PF above the diagonal, Low PF under the diagonal.

with better IADL performance (as lower TIADL scores correspond to better performance). Note that a stronger relationship is observed for the participants with low physical functioning, indicating for these participants, their cognitive resources are even more involved in the successful IADL realization.

Second, concerning correlations between self-perceived IADL difficulties and Cognitive Resources measure, a significant and negative r-value is found for the Low PF group ($r = -.54$; $p = .005$), whereas no significant correlation is observed for the High PF group ($r = -.19$; $p > .300$). This indicated that the more the cognitive resource was low in the older adults with low PF, the more the self-reported IADL difficulties were high.

6.1.4 Discussion

Our study is the first to attempt to demonstrate the compensatory role of cognitive resources among physically frail old people in everyday functioning. For this purpose, we have recruited cognitively healthy elders, who differed only for the physical functioning (Low Physical Functioning vs. High Physical Functioning). Performance-based and self-reported measures of everyday functioning have been collected. A major result is that cognitively healthy elders have exhibited similar performance-based everyday functioning irrespective

of their level physical functioning. In other words, old participants with low physical functioning have successfully managed their physical limitations to succeed in the IADL-performed tasks. Nevertheless, these participants have self-reported more problems relative to their ADL and their physical health than their counterparts with high physical functioning. This indicated that even if the elders with low physical functioning remain able to properly perform IADL tasks, they accurately self-perceive their physical limitations for carrying out such tasks. Therefore, these results are fully consistent with our expectations. Indeed, we expected cognitively healthy individuals with low physical functioning to have an accurate estimate of their physical problems. Additionally, we expected that, despite their physical problems, they maintained their everyday functioning.

At this stage of the analysis of our results, we can suggest that our results are consistent with the findings of the critical role of physical loss in greater self-reported ADL problems, or in poorer self-perceived physical health [Augusto *et al.*, 2010; Seidel *et al.*, 2011; Samuel *et al.*, 2012]. We can also advocate the critical role of cognitive health to maintain IADL performance [Burton *et al.*, 2006; Gross *et al.*, 2011]. However, the incongruence between performance and self-reported measure of IADL in physically frail elders is a new result. Indeed, normal cognitive aging studies mostly give evidence for congruence between performance-based and self-reported scores of everyday difficulties (e.g., [Fors *et al.*, 2006; Burton *et al.*, 2009; Bravell *et al.*, 2011]). This congruence is perfectly illustrated in our old participants with high physical functioning. Furthermore, when incongruence is found among cognitively healthy elders, the pattern is widely in favor of a decline on performance-based measures in contrast to little self-reported difficulties (e.g., [Moore *et al.*, 2007]). Such pattern indicates the limit of performance-based assessments that exclude the individual's chosen routines and environmental cues that typically facilitate ADL in everyday life [Gold, 2012]. This means that ADL performance during performance-based assessments probably relies more heavily on cognitive resources. The observed relation between cognitive resources and Timed-IADL score (irrespective of physical functioning conditions) supports this assumption.

To sum up, it is clear that the incongruence reported for cognitive healthy elders with low physical functioning deserves to be further studied; we need to examine the potential role of cognitive functioning as a moderator of physical loss on the performance-based measures of IADL.

Along the line of research by Heyl and Wahl [Heyl et Wahl, 2012] on sensory deficit, we have specially addressed cognitive resources as a moderating variable of physical loss on IADL measures. ANCOVA results highlighted that the positive mediating effect of cognitive resource variable on performance-based IADL score is significantly modified in respect of physical functioning conditions (i.e., interaction between Group and Cognitive resources factor on Timed-IADL score). Importantly, such a positive relation is significantly increased by a low physical functioning condition compared to the high physical functioning condition. Consequently, the evidence of a compensatory role of cognitive resource in performance-based IADL for physically frail elders is provided from this angle. Additionally,

6.1. RÔLE DU FONCTIONNEMENT COGNITIF SUR LE FONCTIONNEMENT QUOTIDIEN DE PERSONNES ÂGÉES FRAGILES

our compensatory assumption is supported by a second major result. The interaction effect between physical functioning and cognitive resource was significant for the self-reported IADL measure. The correlations analyses have revealed that the cognitive resources were negatively correlated to IADL problems self-reported by the participants with low physical functioning. Contrariwise, no significant relation is observed in participants with high physical functioning. This means that the old-old participants with low physical functioning have self-reported their IADL performance, as follows : those with high cognitive resources have self-reported only few IADL problems, whereas those with low cognitive resources have self-reported many IADL problems. In other words, in the situation of physical loss, cognitively healthy older adults who have the least cognitive resources are acutely aware of the cognitive effort they exert to achieve nominal ADL performance. Thus, the additional cognitive effort for maintaining IADL performance in physically frail older adults is probably experienced as more effortful among those having less cognitive resources than those with higher ones. This observation is in accordance with that of Heyl and Wahl [Heyl et Wahl, 2012] and with the compensatory view developed in the SOC Model [Baltes et Baltes, 1990; Lang *et al.*, 2002].

Some limitations of this study can be noted. The first is related to the modest size of the sample included in the study. With a larger sample size, statistical power of our results relative to compensatory effect could be reinforced. Second, aging studies like for example Vaughan & Giovanello [Vaughan et Giovanello, 2010] found differential impact of different cognitive functions on self-reported and performance-based assessment of everyday functioning. Thus, further works could investigate the relations between specific cognitive functions (*e.g.*, specific executive resource such as mental flexibility or inhibitory control) and measures of everyday functioning for defining more finely which cognitive resource is involved in the cognitive compensation in situations of physical loss. Third, even if recruitment criteria have been implemented for controlling variables like gender [Fors *et al.*, 2006], medical condition [Atkinson *et al.*, 2007], educational level [Stern, 2012], or mood state [Dunlop *et al.*, 2005; Patrick *et al.*, 2004], these variables deserve consideration in future studies for a better understanding of conditions for compensation effect that originates in interaction between cognitive and physical functioning.

To conclude, our study is the first to attempt to highlight a compensatory role of cognitive resources in response to physical loss, among older people with normal cognitive aging. Several of our results support this compensation view and give some insights to move forward the field of aging and everyday functioning in proposing a further study on the intertwining with aging between physical and cognitive functioning. Additionally, our findings stress the need for psychosocial interventions for elders with physical loss in order to counteract the threat of a psychological vulnerability induced by their continuous cognitive efforts in everyday life. For instance, psychosocial supports could be added to classic physical rehabilitation programs dedicated to old people.

6.2 Etude 2. Analyse des besoins en assistance des personnes âgées et leurs aidants

Cet article [Dupuy *et al.*, 2015] a été publié lors de la conférence internationale ACM WomENcourage'15 (Uppsala, Suède). Il a également fait l'objet de deux communications orales en France : au workshop ACCEPT 2015 (Montpellier), et au Colloque des Jeunes Chercheurs en Sciences Cognitives 2015 (Compiègne).

Title. Perceived Needs for Assistive Technologies in older adults and their caregivers

Authors. Lucile Dupuy, Hélène Sauzéon, Charles Consel

Keywords. Assistive technologies, aging in place, technology need

Abstract. There is a growing interest for Assistive Technologies (AT) for aging in place. However, acceptance and adoption of AT in older adults remain problematic. This study investigates the perceived AT needs for three domains (everyday activities, safety and social participation) among 50 community-dwelling older adults and their caregivers. Our results indicate that the perceived AT needs are higher in caregivers than old adults, and both safety and social linking are need domains more critical than that of everyday activities. Importantly, for the first time, we demonstrate that older adults formulate their AT needs irrespective of their cognitive or physical losses while caregivers formulate AT needs according to losses exhibited by an older adult. Precisely, AT needs expressed by caregivers are related to cognitive decline for the domain of everyday activities and to physical decline for the domains of safety and social linking. Overall, this reveals the importance of an peer-evaluation by caregivers or family when evaluating AT need ; moreover, we could suggest educational programs on aging-related limitations for older participants and thus enhancing the AT acceptance and adoption.



6.2.1 Introduction

Aging in place is a major contemporary societal concern. As digital devices develop to support the independence of community-dwelling older adults [Peek *et al.*, 2014], the Assistive Technologies (AT) are regarded as one of the most promising ways to meet older adults needs at home, particularly in the three domains sensible in late senescence : everyday activities, safety at home, and social participation [Baecker *et al.*, 2012].

6.2. ANALYSE DES BESOINS EN TECHNOLOGIE D'ASSISTANCE

The AT for everyday activities include a large variety of reminding devices such as digital pillbox [Lee et Dey, 2014], or management of appointments via electronic organizers [Imbeault *et al.*, 2011]. The safety AT are related to the prevention of falls and common domestic accidents. So, lighting path [Figueiro *et al.*, 2012], emergency response [Mihailidis *et al.*, 2008], alarms for caregivers [van Hoof *et al.*, 2011], securing of electric appliances are functionalities mostly provided by AT. Similarly, specific social functionalities delivered by AT are designed for elderly people like social gaming [Shim *et al.*, 2010], simplified mailing [Wiley *et al.*, 2006], video telephoning or digital picture frame (e.g., the *Families In Touch* project by [David *et al.*, 2011]).

Unfortunately, the growing supply of AT for aging in place is not as well accepted by elders than by youngsters [Czaja *et al.*, 2006; Chen et Chan, 2011]. Technology acceptance, first defined by [Davis, 1989] in the TAM (Technology Acceptance Model), concerns the intention to use or the actual use of a technology. Numerous factors such as the characteristics of old persons (e.g., perceived needs, technological skills) or factors related to his/her social environment (e.g., social support for using AT), but also features of technology (e.g., interface accessibility) are well known barriers of AT acceptance [Peek *et al.*, 2014].

As perceived needs for AT is a critical variable of AT acceptance; it deserves a deep investigation, notably in light of some findings from aging studies. Indeed, several studies bring the evidence that that older adults are inclined to underestimate their everyday difficulties, while caregivers are accurate in assessing older adults difficulties in everyday functioning [Gold, 2012]. This result is explained by studies indicating that the more old adults experience cognitive and/or physical decline, the more they reduce their level of their activities, but without an increased complaint on their everyday functioning (because of the routinization phenomenon [Bouisson, 2002]). Such evidence is seen as a reflection of psychological coping to gradual losses with aging (see, the Selection Optimization Compensation model by [Baltes *et al.*, 1999]). Consequently, it could be hypothesized that the inaccuracy in estimating everyday difficulties by old adults is also a reason why they do not perceive a need for AT. In this case, the discrepancy between self-reported and peer-reported measures of everyday functioning in older adults should be similarly observed on self-reported and peer-reported measures of perceived AT needs. Logically, it can be also expected that AT needs self-reported by old adults are not related to the extent of their physical or cognitive losses, while those assessed by caregivers are based on the level of losses that they are able to accurately estimate thanks to their observation abilities.

Consequently, the purpose of this study is to assess for the three domains of AT for aging in place (*i.e.*, everyday activities, safety, and social participation), the relationships between AT needs and the cognitive and physical declines, according to the respondent (older adults vs. caregivers).

6.2.2 Methodology

Participants

72 older adults agreed to participate in the study ; they came from three municipalities, randomly selected among several municipalities with an equal distribution for location criteria as follows : urban, semi-urban and rural location. Across two sessions done at the person's home, participants underwent a battery of tests. Twenty-two elders were excluded from the study because of their MMSE (Mini Mental State Examination) score too low (<23 ; mean score : 26.3 SD : 2.1) to avoid dementia cases. Eventually, the study sample consisted of 50 community-dwelling old adults aged between 60 to 93 years (mean age 81.2 SD : 6.1) ; 9 males and 41 females ; they were still autonomous and without cognitive impairment (marital status : 31 widowed and 19 in couple).

The 50 caregiver-women questioned are employed by public services offered by municipalities for supporting independent living in elderly people. Their tasks are mainly to provide support for the realization of administrative tasks, purchases and domestic tasks. They come at the elder's home from twice a month to once a day depending on the elder's difficulties.

Assessment of technological need

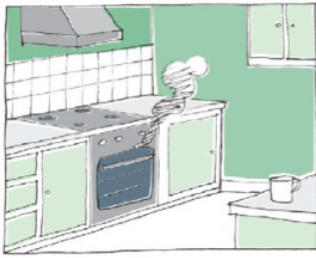
In order to assess AT needs on the three domains of assistance (*i.e.*, everyday activities, safety, and social participation), we have built scenarios of use cases classically provided by marketed or research AT products. The selection of use cases is based on both the examination of products provided to elderly people by www.abledata.com and the analysis of reviews on gerontechnologies [Bharucha *et al.*, 2009]. The four more frequent functionalities of existing AT devices [Bharucha *et al.*, 2009; Peek *et al.*, 2014] has been identified for each one of the three needs domains as follows :

- *AT functionalities for Everyday activities* : 1) medication adherence, 2) meal preparation, 3) appointment reminders and 4) notification about local events ;
- *AT functionalities for Safety* : 1) a light path for night displacement ; 2) emergency response system for critical situations ; 3) supervising of electric appliances and 4) alerting a caregiver
- *AT functionalities for Social participation* : 1) simplified mailing system, 2) video telephoning system, 3) sharing of digital pictures with family and 4) social games with peers

To understand each AT functionality, a use case is scripted in several steps describing a situation for which the AT functionality is expected efficient enough to meet a need according to the three domains (Figure 6.1).

For each use case, the old participant or caregiver had to decide whether the provided assistive functionality matches a AT need for aging in place. Each of the four use cases in

6.2. ANALYSE DES BESOINS EN TECHNOLOGIE D'ASSISTANCE



Step 1. You (your recipient) put(s) a dish in the oven and leave the kitchen.

Step 2. One hour later, an alarm sounds and a message appears on your AT device (smartphone, touch pad, etc.): «Your oven is on for more than one hour. Do you want to turn it off? »

Step 3. You press on « yes » or « no ». In case no answer is provided, the oven is automatically turned off.

FIGURE 6.1– Item of our questionnaire about AT need, presenting one case usage from the safety domain

each of the domains was scored 1 if the participant answered Yes, and 0 otherwise, inducing three scores ranged from 0 to 4, a higher score indicating a more important AT need.

Assessment of cognitive and physical functioning

Scales were selected from widely used clinical and research scales for probing elders' cognitive or physical functioning :

General cognitive functioning - It includes the following two scales : 1) The Dementia Rating Scale-2 (DRS-2) [Jurica *et al.*, 2004] assesses five basic cognitive domains (attention, initiation- perseveration, abstraction, visual-constructional abilities and verbal as well as non-verbal memory) ; this scale gives a score between 0 and 144 (where 144 is the best score) ; 2) The Frontal Assessment Battery (FAB) [Dubois *et al.*, 2000] probes several high cognitive domains including conceptualization, mental flexibility, motor programming, resistance to interference, self-regulation, inhibitory control, and environmental autonomy ; FAB gives a score ranging from 0 to 18 (where 18 is the maximum score). The cognitive functioning measure refers to the sum of scores obtained on each scale (with a maximum score of 167 ; mean score of our older participants : 146.19 SD :9.36).

Physical functioning assessment - It includes the following tests : 1) mobility measures (Five Chair Stands test, assessing lower body strength, Static Balance Testing, Timed Get Up and Go Test assessing agility and dynamic, Gait Speed Test), scored from 0 to 13, with higher values indicating greater mobility function ; 2) body mass corresponding to the sum of two indices including the standard Body Mass Index [$BMI = \text{mass (kg)} / (\text{height (m)})^2$] and the lean mass scored from brachial and calf perimeters. The body mass score provides a score from 0 to 5, with a higher score indicating a better body mass ; and 3) sensory measures (visual acuity and hearing) assessed with a four-point Likert-type scale, providing score ranged from 0 to 6 with higher scores indicating better sensory functions. Aggregating all tests, the resulting scores range from 0 to 24 with higher values indicating greater physical functioning (mean score of our older participants : 15.44 SD :3.94).

6.2.3 Results

Technology need for older adults and their caregivers

According to mixed ANOVA [2 (Respondent : old vs. caregiver) x 3 (domain of aging in place : everyday activities vs. Safety vs. Social participation)], the main results are as follows : first, the caregivers reported higher AT needs than the old adults for the three domains conditions ($F(1,98) = 19.21, p < .001$); second, AT needs are lower for everyday activities compared to both safety and social participation conditions ($F(1,98) = 11.22, p < .001$). The interaction effect did not reach the significance. In other words, elderly people expressed globally fewer AT needs than their caregivers for each domain of assistance. Furthermore, AT needs are higher for both safety and social participation domains compared to everyday activities domain (Figure 6.2).

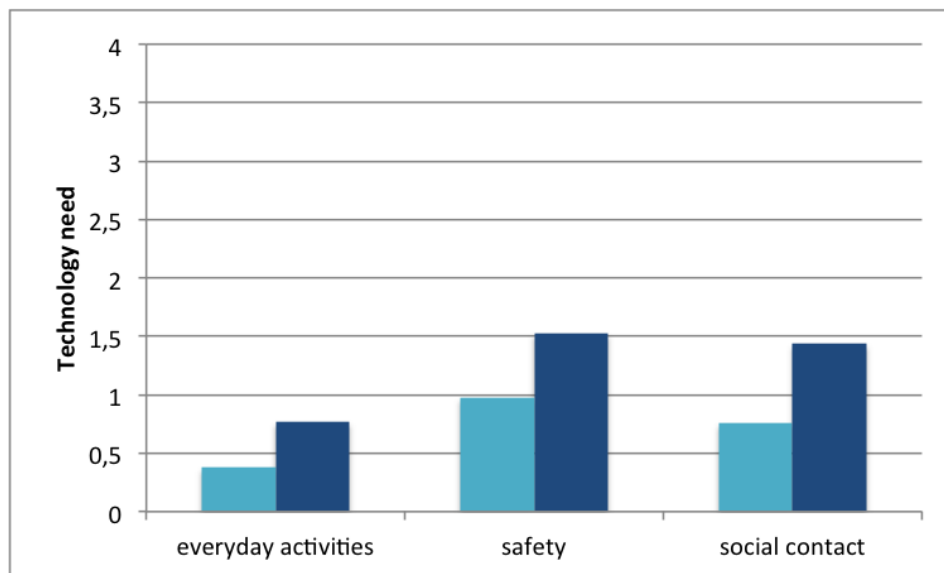


FIGURE 6.2– Scores of technology need on the three domains of assistance. Elders' answers are in pale blue, and caregivers' answers are in dark blue

Now, let us identify how two cognitive and physical functionings can influence the AT needs according to the respondent (older adult vs. caregiver).

Impact of cognitive and physical functioning on AT needs

To assess the role of cognitive and physical functioning the self-reported AT needs for the three domains (dependent variables), we performed ANCOVA with the following statistical design : respondent as ordinal independent factor, cognitive score (or physical score) as continuous covariant factor, and Respondent*Cognitive score (or Physical score) as interaction factor (Table 6.6). Then, to observe how these characteristics mediate the technology

6.2. ANALYSE DES BESOINS EN TECHNOLOGIE D'ASSISTANCE

need for our two groups of respondent (*i.e.*, older adults and professional caregivers), we performed inter-correlations between physical and cognitive scores and AT needs (Table 6.7).

	Cognitive functioning	Respondant*Cognitive functioning
<i>Everyday activities</i>	F(1,98) = 6.29**	ns
<i>Safety</i>	ns	ns
<i>Social participation</i>	ns	ns
	Physical functioning.	Respondant*Physical functioning
<i>Everyday activities</i>	ns	ns
<i>Safety</i>	ns	F(1,98) = 4.56*
<i>Social participation</i>	ns	F(1,98) = 3.27 ‡

Tableau 6.6– ANCOVAs results controlling for cognitive or physical functioning scores. ANCOVAs=analysis of covariance ; * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$; ‡ $p = 0.07$; ns=non significant.

The results show the level of cognitive functioning of old adults is only related to the AT needs for everyday activities ($F(1,98) = 6.29$; $p = .01$). The inter-correlations between cognitive functioning and AT need scores revealed the following results : AT needs self-reported by old adults for everyday activities are not related to their cognitive functioning, but conversely, those expressed by caregivers are positively related to cognitive functioning of old adults ($r = .38$; $p < .01$) (Table 6.7). In other words, caregivers considered that the AT for everyday activities are less appropriate for old adults with high cognitive decline.

	Everyday activities	Safety	Social participation
<i>AT Needs by Older Adults</i>			
<i>Cognitive functioning</i>	ns	ns	ns
<i>Physical functioning</i>	ns	ns	ns
<i>AT Needs by Caregivers</i>			
<i>Cognitive functioning</i>	.38**	ns	ns
<i>Physical functioning</i>	ns	-.32*	-.29*

Tableau 6.7– Inter-correlations between measures of technology need and cognitive and physical measures for older adults and their caregivers. * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$; ns=non significant.

The physical functioning is significantly related to AT needs for both safety and social linking domains. The inter-correlations between physical functioning and AT need scores revealed the following results : AT needs self-reported by old adults for safety and social linking are not related to their physical functioning, but conversely, those expressed by caregivers are negatively related to physical functioning of old adults (respectively, $r = -.32$; p

= .02 ; $r = -.29$; $p = .04$) (Table 6.7). In other words, caregivers considered that the AT for safety and social linking domains are particularly appropriate for old adults with high physical declines.

6.2.4 Discussion

The aim of our study was to evaluate the need for AT that support aging in place according to the three main need domain well identified in the aging field : everyday activities, safety and social participation [Baecker *et al.*, 2012]. For this purpose, 50 cognitively healthy elders and their caregivers were questioned regarding to functionalities frequently provided by AT within a need domain. Also, measures on cognitive and physical functioning of each old participant have been collected to evaluate if they influence the measures of AT need reported by old participants or estimated by their caregivers.

A first result is the discrepancy between older adults and their caregivers concerning perceived AT needs. Elders requested less AT needs than their caregivers. This discrepancy mirrors results observed for estimations of everyday functioning difficulties [Gold, 2012]. This is in accordance with the SOC model [Baltes *et al.*, 1999] that highlights the role of psychological coping in minimizing of the age-related losses exhibited by old adults. Thus, our results highlight the importance of a peer-evaluation to assess AT needs, as Gold [Gold, 2012] proposed for Instrumental Activities of Daily Living assessment.

Most importantly, we provide results indicating that AT needs perceived by old participants are not related to their cognitive or physical difficulties. By contrast, AT needs estimated by caregivers are in adequation to cognitive and physical limitations exhibited by old participants. Precisely, caregivers perceive AT as appropriate within the domain of everyday activities if old participants have high cognitive functioning. So, it is likely that caregivers estimate that an elder with low cognitive resources may not succeed to use AT for complex tasks of daily living like preparing meal or taking medicine. This fits the study by [Czaja *et al.*, 2006] reporting a positive relation between cognitive abilities and technology uses in a large sample of old adults. By contrast, caregivers estimate AT as an increased need for the elders with low physical functioning, notably for both domains of safety and social participation. It is well known that low physical functioning (decreased vision, hearing and mobility) increases risks of domestic or falling accidents, but also risks of social isolation, explaining thus caregiver's interests for AT promoting social participation. Our results indicate that cognitive and physical functioning of elders have an important impact on AT need.

Nonetheless, this work also presents some limitations. Indeed, our measure of AT need is done using use cases of device functionality depicted in several steps. Perhaps, demonstrations with richer visual media such as videos might be more appropriate to ensure the well understanding of the technology's assistive function by the elderly.

6.2.5 Conclusions and perspectives

Overall, we can conclude that the perceived AT needs are more accurate in caregivers than in older adults. This highlights the importance of a peer-evaluation when assessing AT needs among older adults : caregivers and family appear more often aware of cognitive and physical limitations that affect the independent living of old recipient or old parent, respectively. Therefore, this conclusion pinpoints the necessity of the awareness of own cognitive and physical limitations as a prerequisite of accurate AT need in old participants.

As a fruitful line of future work, HCI researchers should address educational programs dedicated to aging-related limitations as leverage of improving self-perceived AT needs and thus, as promoting means of AT acceptance and adoption among old adults.



Ainsi, l'étude 1 a révélé que bien que les participants avec Faible FP réalisaient les mêmes performances au Timed-IADL que leurs homologues avec Haut FP, ils rapportent plus de difficultés quotidiennes. De plus, une forte corrélation a été observée entre le maintien des performances fonctionnelles et la mesure de réserve cognitive. Enfin, les résultats ont montré que la plainte quotidienne observée uniquement chez les âgés avec Faible FP était également fortement corrélée à la mesure de réserve cognitive. Au total, les personnes âgées physiquement fragiles parviennent à maintenir leurs performances objectives en termes d'AVQ mais expriment une plainte subjective à leur réalisation ; et le rôle médiateur de la réserve cognitive dans le maintien des performances met en lumière l'effort cognitif quotidien de ces personnes pour maintenir leur autonomie domiciliaire.

Dans l'étude 2, nos résultats montrent que les besoins ressentis en TA sont plus importants chez les aidants que chez les âgés eux-mêmes, avec un besoin plus présent pour une assistance à la sécurité et au lien social, comparé aux activités de vie quotidienne. De plus, nos résultats indiquent que les âgés formulaient leurs besoins indépendamment de leurs difficultés physiques ou cognitives tandis que les aidants exprimaient un besoin en AT en adéquation avec les pertes (cognitives ou physiques) présentes chez les âgés. En particulier, les besoins exprimés par les aidants pour les technologies d'assurances aux AVQ sont reliés aux déclin cognitifs de l'âge, et aux déclin physiques pour les domaines de la sécurité et du lien social.

Globalement, nos résultats mettent en avant la nécessité d'accompagner les personnes âgées fragiles pour soutenir et soulager la compensation cognitive qu'ils mettent en place au quotidien pour maintenir leur autonomie domiciliaire. Egalement, les résultats réaffirment l'importance d'impliquer d'une part, les personnes âgées, et d'autre part, les aidants dans un processus de conception de technologie d'assistance afin d'avoir un recueil plus exhaustif des besoins perçus et réels d'assistance pour la vie domiciliaire.

Pour finir, les résultats de ces deux études considérés ensemble suggèrent que même si le besoin en technologie d'assistance est plus exprimé pour les domaines de la sécurité et du lien social, le domaine des AVQ demeure critique pour les personnes âgées physiquement fragiles compte tenu de l'effort cognitif qu'ils déploient pour les maintenir opérationnelles. Une assistance dans ces trois dimensions est donc primordiale pour ce public visé.



RÉSULTATS EMPIRIQUES : CONCEPTION D'UNE TECHNOLOGIE AMBIANTE D'ASSISTANCE DOMICILIAIRE

Sommaire

7.1	Vérification de la réalisation d'activités des âgés	103
7.1.1	Introduction	103
7.1.2	Related work	104
7.1.3	Methodology	106
7.1.4	Description of the Experiment	109
7.1.5	Data Collected	110
7.1.6	Data Analysis	111
7.1.7	Discussion	116
7.1.8	Conclusions	118
7.2	Un système de notification unifié pour passer à l'échelle les technologies d'assistance	119
7.2.1	Introduction	120
7.2.2	Related work	121
7.2.3	A Unifying Framework for Notifications	122
7.2.4	Description of the Field Study	131
7.2.5	Analysis	135
7.2.6	Discussion	139
7.2.7	Conclusions	141

*CHAPITRE 7. CONCEPTION D'UNE TECHNOLOGIE AMBIANTE D'ASSISTANCE
DOMICILIAIRE*

7.3	Conception d'une AAD basée sur la théorie de l'auto-détermination	142
7.3.1	Introduction	142
7.3.2	Related Work	144
7.3.3	Application of SDT Dimensions : The SDT-Assisted Living Technology	148
7.3.4	Description of the field study	153
7.3.5	Evaluation of an SDT-based assisted living platform with a field study .	154
7.3.6	Discussion	158
7.3.7	SDT-Based Design Requirements [DR]	160
7.3.8	Conclusions	161
7.3.9	Appendix. The Arc's Self-Determination Scale	162





L'objectif de cette étape était de faire face aux limites de l'existant pour proposer une assistance domiciliaire qui soit mieux acceptée et, donc mieux adoptée à long terme. En particulier, à la lumière de l'existant, trois points critiques ont été identifiés :

- L'AAD doit être sensible au contexte dans lequel elle opère (*i.e.*, «*context awareness*»), pour délivrer les assistances à bon escient (quand la personne en a besoin) ; cette exigence oblige en amont du service d'assistance que l'AAD soit en mesure de manière fiable à identifier les activités de vie quotidienne réalisée par la personne
- L'AAD doit être comprise, apprise rapidement, et maîtrisée par la personne âgée, et donc proposer un mode d'interaction accessible et adapté aux capacités technologiques, physiques et cognitives des futurs utilisateurs âgés ;
- L'AAD doit soutenir l'auto-détermination de l'utilisateur pour en assurer une bonne acceptabilité, et à terme, espérer une adoption pérenne.

La première étude (Etude 3) réalisée s'est concentrée sur une approche permettant de fiabiliser la vérification de la réalisation des activités de vie quotidienne des personnes âgées à domicile. Ainsi, nous avons fait le choix de mettre en place un monitoring de vérification des activités, plutôt qu'une inférence (reconnaissance d'activités), en faisant levier sur une connaissance en gériatrie selon laquelle avec l'avancée en âge, la personne âgée développe des routines dans la réalisation de ses activités dans son environnement courant. Le monitoring est supporté par une infrastructure constituée d'un petit nombre de capteurs, non intrusifs, bon marché et sans fil. La vérification est réalisée par l'application d'une simple formule à partir des données récoltées par les capteurs, pour chaque activité d'intérêt. Cette approche a été ensuite validée par une étude expérimentale, incluant quatre participants surveillés pendant cinq semaines à leur domicile. Nos formules ont alors été appliquées à ces données et confrontées à un observateur humain ergonomiste analysant manuellement les données, pour être validées empiriquement.

La seconde étude (Etude 4) expose une approche visant un passage à l'échelle des AAD en proposant un système de notification unifié. Pour ce faire, nous avons : 1) proposé une décomposition des services d'assistance selon leurs besoins en notifications ; 2) introduit un cadre théorique de notifications, permettant à des services hétérogènes de notifier de manière homogène l'utilisateur ; et 3) appliqué notre modèle de notifications sur une plateforme d'assistance. Cette plateforme a été déployée et utilisée au domicile de 15 personnes âgées sur une période de 6 mois. L'efficacité des utilisateurs et l'apprenabilité du système de notification étaient évaluées par des mesures objectives (mise en situation par des scénarii d'utilisation) et mis en relation avec les ressources cognitives et physiques des utilisateurs. L'acceptabilité et la satisfaction subjective des utilisateurs envers notre plateforme étaient également sondées.

CHAPITRE 7. CONCEPTION D'UNE TECHNOLOGIE AMBIANTE D'ASSISTANCE DOMICILIAIRE

Pour finir ce chapitre de conception, une dernière étude (Etude 5) a porté sur le design global de notre plateforme, pour l'ancrer dans la théorie de l'auto-détermination, comme levier d'acceptabilité de cette dernière. Des principes et préconisations de conception ont ainsi été proposés, que nous avons ensuite appliqué dans le développement de notre plateforme. Une étude de terrain d'une durée de 6 mois incluant 34 personnes âgées a ensuite été réalisée. Les participants étaient divisés en deux groupes appariés, un groupe bénéficiant de notre plateforme, l'autre constituant le groupe contrôle. L'évolution de l'auto-détermination au cours du temps était évaluée chez nos deux groupes de participants âgés, dans l'objectif de valider nos principes de conception. De plus, les relations entre l'auto-détermination et l'acceptabilité du système étaient analysées chez le groupe équipé.



7.1 Etude 3. Vérification de la réalisation d'activités des âgés

Cet article [Caroux *et al.*, 2014] a été publié et présenté à la conférence ASSETS'14 (Rochester, USA).

Title. Verification of daily activities of elders : A simple, non-intrusive, low-cost approach

Authors. Loic Caroux, Charles Consel, Lucile Dupuy, Hélène Sauzéon

Keywords. Activities of Daily Living ; Older Adults ; Activity Recognition ; Routines ; Verification ; Pervasive Computing ; Sensors ; Signal Detection Theory

Abstract. This paper presents an approach to verifying the activities of daily living of older adults at their home. We verify activities, instead of inferring them, because our monitoring approach is driven by routines, initially sketched by users in their environment. Monitoring is supported by a lightweight sensor infrastructure, comprising non-intrusive, low-cost, wireless devices. Verification is performed by applying a simple formula to sensor log data, for each activity of interest. The result value determines whether an activity has been performed.

We have conducted an experimental study to validate our approach. To do so, four participants have been monitored during five days at their home, equipped with sensors. When applied to the log data, our formulas were able to automatically verify that a list of activities were performed. They produced the same interpretations, using Signal Detection Theory, as a third party, manually analyzing the log data.



7.1.1 Introduction

Activities of Daily Living (ADL) are abilities defining the functional status of an individual. Verifying what ADLs are performed by an older adult is a decisive factor to determine what kinds and what levels of assistance are needed for an individual and whether aging in place is desirable. The importance of this issue has led a number of researchers to develop a range of Ubicomp approaches that can monitor activities (e.g., [Kaye *et al.*, 2011; Mokhtari *et al.*, 2012; Hossain, 2014]).

In this paper, we take these prior results one step further and apply them to the needs of caregiver professionals to monitor older adults at their home. Specifically, our approach relies on the following key observation : as people age their daily activities are increasingly

organized according to a routine to optimize their daily functioning [Bergua *et al.*, 2013]. As a result, their activities do not need to be recognized but should rather be *verified*. Deviations are a warning sign of degradation [Bergua *et al.*, 2013].

We have developed an approach to activity verification. This approach relies on a technological infrastructure that is simple, low-cost and non-intrusive. This infrastructure was deployed in four homes of older adults of 83 years of age on average. The same set of sensors was used in the four homes and was placed at strategic locations with respect to their routines to verify the target activities. The analysis of the data collected during five weekdays show that they follow very strict routines that can easily be associated with their main activities.

The contributions of this paper are as follows.

1. An approach to activity monitoring via verification that is dedicated to older adults ;
2. A lightweight sensor infrastructure for activity verification ;
3. An experimental study that validate the accuracy of activity verification.

In the remainder of this paper, Section 7.1.2 relates our approach to existing works. Section 7.1.3 presents our methodology to perform activity verification. Section 7.1.4 describes an experimental setting aimed to assess our approach. In Section 7.1.6, experimental data are analyzed and demonstrate their accuracy in a natural setting. Section 7.1.7 discusses the limitations of this work and outlines its applications. Finally, Section 7.1.8 concludes.

7.1.2 Related work

This section presents key characteristics and requirements involved in the activity monitoring of older adults.

Setting. A lot of research has been addressing the monitoring of activities. Some works have taken place in an experimental setting : a home dedicated to experimental studies, which sometimes allow subjects to live in for a few days [Logan *et al.*, 2007]. This experimental setting usually include cameras that allow the activities measured by sensors to be matched against the ground truth video annotations [Logan *et al.*, 2007; Seelye *et al.*, 2013].

In the context of older adults, an unfamiliar setting is contradictory to a reliable assessment of activities. Indeed, as demonstrated by various studies [Gold, 2012], as their cognitive resources decrease, older adults tend to optimize the remaining ones by increasingly organizing operations of their activities according to a strict routine. As a consequence, asking older adults to perform activities in an unfamiliar setting compromises their optimization strategies. The resulting assessment of their functional status may be unrelated to their ability to live independently [Gold, 2012].

In a naturalistic setting, having multiple occupants in a home has been reported as introducing sources of errors in activity monitoring, even when different types of sensors

7.1. VÉRIFICATION DE LA RÉALISATION D'ACTIVITÉS DES ÂGÉS

are massively populating a home [Logan *et al.*, 2007].

Activity variabilities. Users executing increasingly strict routines is a key observation to revisit what kind of activity monitoring is desirable. Indeed, the variabilities in realizing an activity has been a major challenge in a number of works (e.g., [Logan *et al.*, 2007; Lepri *et al.*, 2010; Mihailidis *et al.*, 2008; Kaye *et al.*, 2011; Mokhtari *et al.*, 2012; Hossain, 2014]). This challenge is typically addressed by spreading numerous sensors of different types and using a range of machine learning algorithms [Mokhtari *et al.*, 2012; Kaye *et al.*, 2011]. But in fact, when a user follows routines, sensors could be placed at strategic locations; as well, collected data could be processed by simple algorithms because they would verify rather than infer activities.

Range of sensors. When older adults are being monitored continuously at their home, a range of sensors cannot be utilized. Typically, RFID tags cannot be used because they require that most, if not all, strategic objects be attached a tag [Logan *et al.*, 2007; Philipose *et al.*, 2004]. This situation is difficult to maintain without interfering with the person's life, as new objects get introduced in the home. Body-worn sensors are also delicate to introduce in naturalistic setting because they impose constraints on the user and may not deliver accurate data [Logan *et al.*, 2007; Bharucha *et al.*, 2009; Hossain, 2014]. Regarding cameras, a majority of users consider them too intrusive [Bharucha *et al.*, 2009; Hossain, 2014] in their daily life. When we interviewed older adults about monitoring of their daily activities, they massively refused to have cameras installed at their home. Besides, as pointed out by Logan *et al.*, annotating videos is tedious and thus costly [Logan *et al.*, 2007], preventing this approach to scale up to continuous monitoring of several participants.

When comparing various types of sensors in a naturalistic setting, Logan *et al.* reported that simple technology such as motion-based sensors are very successful in detecting activities [Logan *et al.*, 2007]. Combined with well-identified routines, this situation can open up opportunities to use low-cost sensors.

Accuracy of activity monitoring. Researchers have proposed various granularity at which activities can be monitored. For example, Lepri *et al.* distinguish between homogeneous and non-homogeneous activities (e.g., watching TV vs. eating/drinking) and between an on-going activity and a completed activity [Lepri *et al.*, 2010]. For another example, Mihailidis *et al.* examine the various steps of hand-washing [Mihailidis *et al.*, 2008].

In fact, activities can be monitored at a variety of granularities. Not surprisingly, the finer the granularity gets, the more complex the monitoring process becomes. In the context of home-based activity monitoring of older adults, studies show that the granularity of the monitoring can be coarse-grained. More specifically, cognitive decline first impacts the instrumental ADLs (IADLs – e.g., meal preparation) because they require high-level cognitive functions to initiate, plan and execute a task [Gold, 2012]; basic ADLs (BADL – e.g., eating)

are affected in later stages of cognitive decline, when older adults have supposedly been already diagnosed by clinicians.

IADLs inherently involve numerous interactions with the environment to perform the sub-tasks of a given task *e.g.*, breakfast involves preparing coffee by opening a drawer to reach for the coffee and turning on the coffee maker) [Marsiske et Margrett, 2006]. This situation allows to track the execution of sub-tasks via interactions with sensor-equipped locations of the environment.

Summary. We have outlined the behavioral characteristics of activities performed by older adults at their home. These characteristics have allowed us to sketch requirements for home-based monitoring of activities of older adults, taking into account their activity variabilities, the sensors needed, and the accuracy of the monitoring.

7.1.3 Methodology

We now present our methodology to perform activity verification. We define what we mean by an activity and list the activities of interest that will be monitored in our study. Then, we introduce the notion of routines, which are followed by users to perform activities. Routines are analyzed to determine key actions that characterize them. Finally, these key actions are associated with sensors that measure their occurrence.

Prior to presenting the methodology, we first examine the set of sensors that are used to measure the interactions of the user with the environment.

Sensors

Our approach relies on three types of sensors that have covered our needs in practice, while keeping the approach simple, low-cost and non-intrusive. These types of sensors are motion sensors, contact sensors and smart switches. Motion sensors detect motion in a specific area by orienting them at an appropriate angle. Contact sensors detect the opening of a room/cabinet door and a drawer. Smart switches are used to measure whether a connected appliance is functioning ; a threshold can be set to prevent false positive (*e.g.*, the consumption of a clock built in the appliance). These three sensing functionalities are the building blocks of our approach to monitoring activities.

Activities

The notion of activity is fundamental to our work and needs to be defined in the context of our target population : older adults. Specifically, we consider self-care activities for which individuals construct or reproduce solutions, involving manipulation of objects, situated in a specific place at home [Marsiske et Margrett, 2006]. These activities are well structured [Al-laire et Marsiske, 2002], involving sequential steps that tend to be “compiled” by older adults

7.1. VÉRIFICATION DE LA RÉALISATION D'ACTIVITÉS DES ÂGÉS

as a skill [Salthouse, 2012]. Accumulated reproduction of solutions, as well as aging related loss, probably explain why older adults have preferences for routines. This phenomenon is called age-related *routinization* [Bergua *et al.*, 2013]; it precludes multiple activities to be conducted simultaneously [Bergua *et al.*, 2013].

Our notion of activity comprises three key criteria that are at the basis of our verification process :

- **Criterion 1 : An activity is situated in a room.** This criterion raises a need to measure motion in a given room during the activity.
- **Criterion 2 : To conduct an activity, the user interacts physically with the environment, following a routine.** This situation requires that the expected interactions be measured.
- **Criterion 3 : Age-related functional decline leads older adults to conduct one activity at a time.** This observation suggests that, to match an activity, measures of environment interactions should only pertain to that activity. In other words, if interactions involve more than one activity, they should not be considered as forming an activity.

Our study covers both types of daily activities : basic and instrumental. We chose to study two BADLs : getting dressed and taking a shower. And, we targeted one IADL : meal preparation. The main reasons to choose these activities are as follows. First, they are among the activities that are sensitive to age-related functional decline [Gold, 2012], as well as routinization [Bergua et Bouisson, 2008]. As a result, there is a rich collection of articles reporting on the monitoring of these activities (*e.g.*, [Bharucha *et al.*, 2009; Mokhtari *et al.*, 2012]). Second, they allow to exercise many dimensions of our approach, illustrating different sensing functionalities, locations, and activity requirements.

Routines

We now detail how activities are instantiated with respect to users and their environment. Our goal is to determine what environment interactions are performed by a user when conducting an activity of interest. Several methods could be used to determine these interactions. As our approach is non-intrusive, methods that could compromise privacy were excluded (*e.g.*, passive observation of activity performance with or without camera). We use a method whereby users provide knowledge about their activity routines. Specifically, this knowledge collection is conducted at the user's home by a member of our research group, trained in ergonomics, and more specifically in activity analysis. The experimenter asks the user to sketch each activity of interest. This sketching phase reveals a list of *markers* that characterizes the activity. For example, participants are asked how they prepare breakfast in the morning. Ms. Dupont (a fictitious name) shows each drawer she opens and each appliance she uses. The experimenter asks questions as the activity is sketched, to assess the degree of certainty of the collected information. For example, "Do you make coffee every

morning?”, “Do you always put your coffee in this cabinet?”. For each routine, a set of markers is chosen. In the case of Ms. Dupont, we assess that making a coffee is an essential part of breakfast ; this is our first marker. She takes milk in her coffee ; this is our second marker. She gets a clean mug from a specific cabinet ; this is our third marker.

Guidelines to choose robust markers include the degree of certainty of a given environment interaction and its uniqueness (e.g., coffee is only made once a day using a specific appliance). It could be argued that the more markers used to monitor an activity, the more certain one can be that this activity has been performed. However, in practice, not all markers are validated. For example, one can imagine that a clean mug may not always be in a specific cabinet ; it can sometimes be taken from a dishwasher, preventing this marker to be validated.

Sensor placement

The list of markers collected in the previous stage is used to determine what sensors should be used and where they should be placed. Of course, markers and sensor placement are intimately intertwined, in that markers are not chosen independently of available sensor functionalities, and the feasibility of placing a device at the right point in the physical environment. In the case of Ms. Dupont, we use a smart switch to determine when the coffee maker is turned on. We place a contact sensor on both the fridge and a specific cabinet to determine respectively, when some item (possibly milk) is taken from the fridge and a clean mug from the cabinet.

Putting it all together To determine that environment interactions form an activity, (1) a subset of the activity’s markers need to be validated via sensors (Criterion 2), over a period of time, during which, motions are observed in a specific room (Criterion 1), with no interleaving environment interactions from another room (Criterion 3).

Let us now turn our attention to the BADLs of interest. They require coarse-grain measurements. The shower activity does not offer many alternatives, considering the available sensor functionalities : it is detected by a motion detector, oriented such that as few motions outside the shower cabin are observed. In this case, false positives can be ignored based on the duration of the detected activity.

Regarding the activity of getting dressed, based on our analyses, the key marker is getting clean clothes. This environment interaction can be detected by placing a contact sensor on the door of a strategic piece of furniture (e.g., a wardrobe). However, this marker has not the uniqueness property : door opening is likely to be detected many times during the day. This situation is discussed further in Section 7.1.7.

7.1. VÉRIFICATION DE LA RÉALISATION D'ACTIVITÉS DES ÂGÉS

7.1.4 Description of the Experiment

In this section, we present an experiment aimed to validate whether older adults follow strict routines in their daily activities. To do so, (1) we assess to what extent the participants of our study follow routines by administering a questionnaire ; (2) we describe the data collected by our methodology and why they are relevant for our goal.

Participants	A	B	C	D	Mean (SD)
Age	77	77	87	93	83.5 (7.89)
Gender	F	F	F	F	
Education years	7	8	12	10	9.25 (7.89)
Family status	S	W	W	W	
MMSE [0 – 30]	28	28	26	26	27 (1.15)
Time-based IADL [5 – 15]	5	5	7	5	5.5 (1.00)
Self-reported IADL [9 – 45]	12	16	24	18	17.5 (5.00)
Routinization [0 – 40]	15	19	15	24	18.25 (4.27)

Tableau 7.1– Participant profiles. SD=Standard Deviation ; F=Female ; S=Single ; W=Widowed.

Participants

To test our research assumptions, it is critical to include community-dwelling, very old adults. To do so, we have collaborated with a public home care service for older adults, and have had access to the medical file of their beneficiaries. As described in Figure 7.1, four participants, aged 83.5 on average (SD = 7.89) have been recruited according to specific exclusion criteria : dependency syndrome ; neurological or musculoskeletal disease or systemic disorders. The main inclusion criterion was cognitive integrity with an MMSE score [Folstein *et al.*, 1975] greater than 24. According to the Helsinki declaration (WMA, 2008), approval was sought and obtained from the ethics committee of the University of Bordeaux. All participants provided a written consent form prior to the participation in our study.

We have assessed their functional status for some activities of daily living. First, we evaluated their performance in IADLs, using the Timed-IADL assessment test [Owsley *et al.*, 2002]. A participant is asked to perform an activity within a time limit. If the activity is achieved without error and without exceeding the time limit, a score of 1 is given. A score of 3 means that the participant has major difficulties to perform the activity. We tested our participants on five different activities ; this gave scores ranging from 5 (ideal performance) to 15 (major difficulties). In Figure 7.1, we observe that three of our participants obtain ideal scores (5), and one shows very minor difficulties (7). We conclude that our participants show no difficulties in performing IADLs and have a high level of autonomy.

We also asked them to self-assess their functional status, using the 9-item IADL scale [Lawton *et al.*, 1982]. For each item, the participant assesses her performance : 1 denotes no difficulties and 5 denotes major difficulties. This tool shows that we have a variety of participants in the way they see themselves performing ADLs ; it ranges from 12 to 24, on a scale of 45.

Finally, we evaluated the degree of routinization of our participants using the routinization scale defined by Bouisson [Bouisson, 2002]. We observe that our participants show a variety of routinization degrees. In particular, the participants B and D are more routinized than the two others.

In summary, our participants perform well in their ADLs, although they perceive themselves as experiencing difficulties. From these data, we can expect our participants to perform their ADLs on a regular basis. The variation in the routinization degrees play a key role to assess whether our verification approach covers a wide spectrum of behaviors.

7.1.5 Data Collected

Logs of the sensors placed in the participants' homes have been collected for 5 week-days. The same set of sensors has been used for all participants. However, they have not necessarily been used the same way to monitor the activities of interest. For example, participants may or may not take milk from the fridge to make breakfast, or they may use a coffee maker or a microwave to prepare a hot drink.

Sensor logs consists of the sensor identifier, a changed status, and a timestamp. The sensor identifier corresponds to a sensor type (motion detector, contact sensor and smart switch) and its location. We selected the logs pertaining to the sensors located in the rooms corresponding to the activities of interest, namely, kitchen, bedroom, and bathroom.

In Figure 7.1, we show the apartment of Ms. Dupont, populated with sensors corresponding to the activities of interest and related rooms. In this example, sensors in the kitchen are placed in the following way. A smart switch detects whether the coffee maker is used. Two contact sensors detect whether the cupboard or the fridge are open. Note that the same sensors may be placed differently in other participants' home. For example, the smart switch can be used to detect the usage of the microwave, and the contact sensors can be used to detect the opening of the cutlery drawer and the fridge. Again, the sensor placement is strictly dependent on the activity routines of the user.

In Figure 7.2, we display an example fragment of a log. This table consists of three column showing sensor types, the status and the time stamp ; the room information is omitted because the fragment is limited to a sequence of events only occurring in the kitchen (similarly for the date of the time stamp). All columns are self-explanatory. Notice that the level of information delivered by motion sensors have been raised with a software layer. The goal is to obtain two statuses : the first time and the last time a presence is detected in a room. To do so, we need to keep a state to know whether some motion detected in a room is the first occurrence. Furthermore, the last presence in a room is determined by the first environment

7.1. VÉRIFICATION DE LA RÉALISATION D'ACTIVITÉS DES ÂGÉS

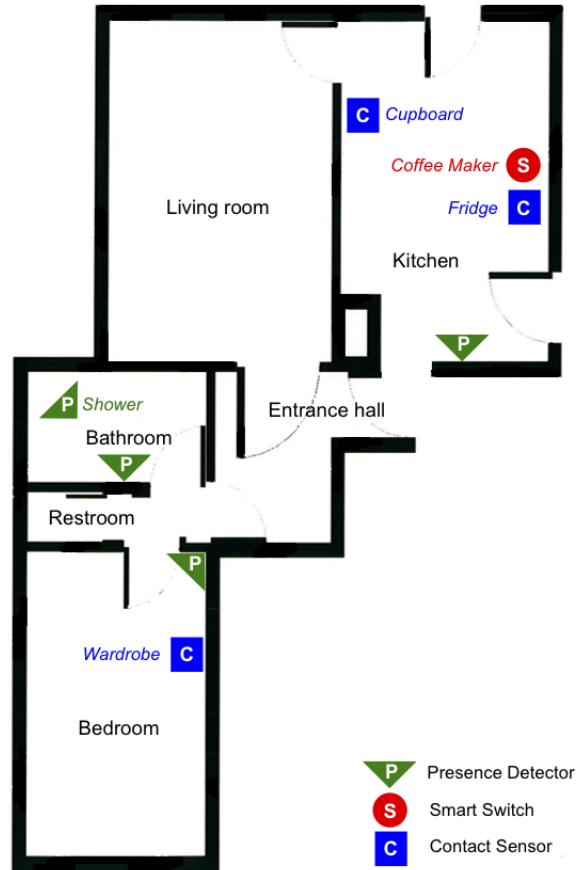


FIGURE 7.1– Apartment layout of Ms. Dupont

interaction detected in another room or by an absence of motion for a period of time. This high-level sensor is referred to as a presence detector.

7.1.6 Data Analysis

In this section, we first define a set of formulas, dedicated to daily routines, which is applied to sensor log data to determine whether specific routines are performed. These formulas are then applied to log data across the four participants over weekdays to demonstrate their accuracy.

Sensor Type	Status	Time
Presence detector	Presence	09 :10 :23
Contact sensor - Fridge	Open	09 :13 :31
Contact sensor - Fridge	Closed	09 :13 :34
Smart switch - Coffee maker	On	09 :14 :16
Contact sensor - Cupboard	Open	09 :14 :58
Contact sensor - Cupboard	Closed	09 :15 :03
Smart switch - Coffee maker	Off	09 :16 :38
Presence detector	Absence	09 :16 :47

Tableau 7.2– Fragment of activity log of Ms. Dupont

Routine Formulas

Routine formulas leverage our notion of activity, introduced in Section 7.1.3, and the criteria associated with this notion. In particular, our routine formulas are grounded in the area of ontological activity modeling and representation (e.g., [Chen *et al.*, 2012]). Specifically, our formulas are knowledge-driven, in that they rely on the fundamental attributes of an activity. Namely,

Spatial context This is the room (i.e., the location) where the activity takes place. In our work, because sensors have a fixed location, sensed interactions are situated by definition.

Temporal context This context comprises two dimensions : (1) the time of the day at which the activity occurs ; this information is specific to each participant, and (2) a minimal duration over which the activity is supposed to be performed.

Environment interactions There are interactions related to markers of the target activity, and associated with sensors for the purpose of our work.

Further defining our notion of a routine formula, we now examine what result it produces. A formula verifies an activity by producing a *score*, whose value ranges between 0 and 1. The value 0 means that the activity has not been performed, according to the participant's routine. The value 1 indicates that the sensed measures match the participant's routine.

To specify our first formula, let us consider on the activities of interest : getting dressed (GD). The time of the day at which this activity occurs is on the morning (e.g., between 6 a.m. and 11 a.m. in the present experiment), as declared by all our participants, and a marker of this activity is the action of getting clean clothes from the wardrobe, thus equipped with a contact sensor. The resulting activity-specific formula is defined as follows.

$$Sc^{GD} = T^{GD} \times M^{GD}$$

Where Sc^{GD} is the score for the activity getting dressed ; T^{GD} is the time of the day, which takes value 1, if it is within the expected time frame of the day, and value 0, otherwise ;

7.1. VÉRIFICATION DE LA RÉALISATION D'ACTIVITÉS DES ÂGÉS

and, M^{GD} is the marker of this activity, which has value 1 if the sensed interaction occurred, and value 0 otherwise. We did not consider the duration of the activity because presence can be detected in the bedroom for a number of reasons, not necessarily related to dressing, even though the wardrobe may be used.

Let us examine our second activity of interest, namely, taking a shower (TS). This formula is defined as follows.

$$Sc^{TS} = T^{TS} \times D^{TS}$$

The time of the day is also pertinent in this formula. Furthermore, this activity requires a minimal period of time over which this activity is performed ; D^{TS} takes value 1, if this minimal duration is reached and value 0 otherwise. This duration is based on a unique marker, which corresponds to the presence detector, placed in the shower.

Lastly, we investigate the activity of preparing breakfast (BP). Its formula is given below.

$$Sc^{BP} = T^{BP} \times \frac{A^{BP} \times 4 + \frac{S_1^{BP} + \dots + S_n^{BP}}{n}}{5}$$

This formula reflects the constraint that breakfast preparation occurs at a specific time of the day T^{BP} . Furthermore, it accounts for the fact that this preparation often includes a major marker, corresponding to an appliance (e.g., a coffee machine, a kettle) that can be monitored (A^{BP}). To account for its importance, this marker is weighted by multiplying it by 4. It is added by the rest of the markers of this activity, which are averaged (S_i^{BP}). In our experiment, these markers range from 1 to 3.

To illustrate this formula, consider Ms. Dupont's morning routine. Preparing breakfast consists of making coffee, sensed by a smart switch (a major marker) and taking a clean cup from a specific cabinet and milk from the fridge, both monitored by a contact door. As can be noted, duration is ignored in our formula because this activity consists of a few markers that are to be validated over the time of the preparation.

Note that, although conceptually grounded, in practice, the formulas that we have presented are the result of a series of refinements, driven by the analysis of the sensor-log data, collected from our participants. To assess the accuracy of our formulas, we now need to apply them to the log data, across our participants. These formulas are similarly applied for all participants. Only the markers are different between them. For example, the major marker is a smart switch dedicated to the coffee maker for Ms. Dupont. But, for another participant, the major marker may be a contact sensor linked to a specific cabinet.

Analysis

We now analyze the results of applying our routine formulas on the log data of our four participants. First, we test the accuracy of the formulas with the calculation of two specific indices : the sensitivity and the response bias indices, respectively A' and $B''D$ for non-parametric data [Donaldson, 1992]. Second, we assess our methodology to perform

activity verification.

Sensitivity indices

Sensitivity indices are used in Signal Detection Theory to measure performance in Yes/No tasks (see Stanislaw and Todorov [Stanislaw et Todorov, 1999]). To do so, participants of such tasks discriminate signals (stimulus is present) and noises (stimulus is absent). In the presence of a stimulus, *yes* responses are correct and termed *hits*. In the absence of a stimulus, *yes* responses are incorrect and termed *false alarms*. Then, hit and false alarms rates are used to calculate the indices. A' measures the ability of the participant to correctly discriminate the presence or the absence of a stimulus. This index is contained between 0 (extremely low sensitivity) and 1 (extremely high sensitivity). B''_D measures the general tendency of the participant to respond *yes* or *no*. B''_D is contained between -1 (tendency to respond *yes* and produce false alarms) and 1 (tendency to respond *no* and miss stimuli).

In the present experiment, the formulas take the role usually played by human participants in Yes/No tasks. Thirty sets of sensor logs were randomly selected from the data collected at participants' homes. They covered an entire morning. Our version of the Yes/No task was conducted as follows. In a first step, we recruited a naive human observer, expert in activity analysis, to judge whether our participants perform the three activities of interest. The results of this judgment were used as a base line. Then, scores of activities were computed using our formulas, from which A' and B''_D were calculated.

Results for meal preparation showed the following values $A' = 1.00$ and $B''_D = 0.00$. That is, all the responses of the formulas were correct, according to our base line (*i.e.*, the naive observer). The formula can be considered as extremely sensitive and perfectly matches the observer in the case of the activity of meal preparation.

Results for taking a shower showed the following values $A' = 0.94$ and $B''_D = 1.00$. Most of the responses of the formula were correct. The formula can be considered as highly sensitive. The response bias index indicates that the formula is conservative (*i.e.*, our formula has a tendency to respond *No*). This situation means that our formula may miss stimuli.

Results for getting dressed showed the following values $A' = 0.93$ and $B''_D = 0.39$. Most of the responses of the formula were correct. The formula can be considered as highly sensitive. The response bias index indicates that the formula is slightly conservative in that it misses very few stimuli.

In summary, our formulas are accurate in that they almost always detect whether an activity of interest is present in a given log data, as compared to our naive observer.

Longitudinal assessment of activity verification

So far, we have demonstrated that our formulas are accurate in detecting activities for a given sensor log. However, we have not determined whether a formula would find many occurrence of an activity within a day. For example, detecting that the shower is taken is useful, but this is even more valuable if this activity is detected only once (if indeed the user does not take than more shower per day).

7.1. VÉRIFICATION DE LA RÉALISATION D'ACTIVITÉS DES ÂGÉS

The goal of this section is to assess our formulas in a longitudinal manner. That is, showing how many occurrences of an activity is detected each day. To do so, we consider sensor-log data from our participants, over 5-weekday mornings (from Monday to Friday). These log data are used to invoke our formulas. For each participant's data log, the formulas are applied as many times as there presence detected in a room associated with an activity of interest. Because of this wide-range application of the formulas, a lot of the computed scores show that the activities of interest have not been performed. We investigated what would be a threshold that would allow to filter out the irrelevant scores. In fact, this threshold is obvious to set because we observed that there are no scores below 0.8. Examining the log segments corresponding to a 0.8 score, we are able to match them against the routines. This situation can be explained by the way the formulas are defined in that they always include major markers that characterize a routine. For the activity of getting dressed and taking a shower, the scores detect an activity of interest with a value equal to 1 (all criteria are met) or necessarily discard the log segment with a value equal to 0. For the activity of breakfast preparation, values of scores above the threshold are between 0.8 and 1, combining the criteria of the time of the day and the major marker of the activity.

Importantly, our strategy does not discard meaningful sequences of actions, nor does it generate spurious scores. This behavior is illustrated by our experiment. We computed how many times a score above the threshold is produced by the formulas for each participant over the five weekdays. Thereafter, these scores are called *valid scores*. The analysis of the data gathered for all of our participants showed that for the activity of breakfast preparation, the number of valid scores was 1.15 per day in average (SD = 0.49), for a total of 12.95 of computed scores in average (SD = 5.09). For the activity of taking a shower, the number of valid scores was 0.60 per day in average (SD = 0.76), for a total of 6.00 computed scores in average (SD = 2.88). For the activity of getting dressed, the number of valid scores was 0.70 per day in average (SD = 0.86), for a total of 8.30 computed scores in average (SD = 2.64).

The ratios of valid scores per computed scores were 0.10 in average (SD = 0.05) for the activity of breakfast preparation, 0.09 in average (SD = 0.11) for the activity of taking a shower, and 0.08 in average (SD = 0.10) for the activity of getting dressed.

We observe that our approach is reliable for breakfast preparation because this activity is mostly detected once a day for our four participants. Taking a shower exhibits the same performance, even though this activity does not occur every day. Getting dressed is also detected. However, this activity is sometimes detected many times a day, and sometimes not detected at all.

Examining the entire sensor log of some of our participants over 4 weeks,¹ we notice that our formula for taking a shower shows a periodicity for this activity. In contrast, the activity of getting dressed does not exhibit the same results.

We display an example for one of the participants in Figure 7.2. In this example, the

1. Unfortunately, sensor logs of participants did not cover the same number of weeks, leading us to only consider one week.

activities labelled "breakfast preparation" and "taking shower" are perfectly detected. These activities are only detected once a day. However, the "getting dressed" activity is not detected as regularly as the two others. It is not detected on Monday and Friday, while it is detected three times on Thursday. This situation could mean that on this day, the user changed her clothes several times, or that opening the wardrobe may occur for other reasons. Further investigation is needed specifically for this activity. For example, the number of sensors used in our approach may not be sufficient to detect this activity accurately. See the section 7.1.7 for discussion.

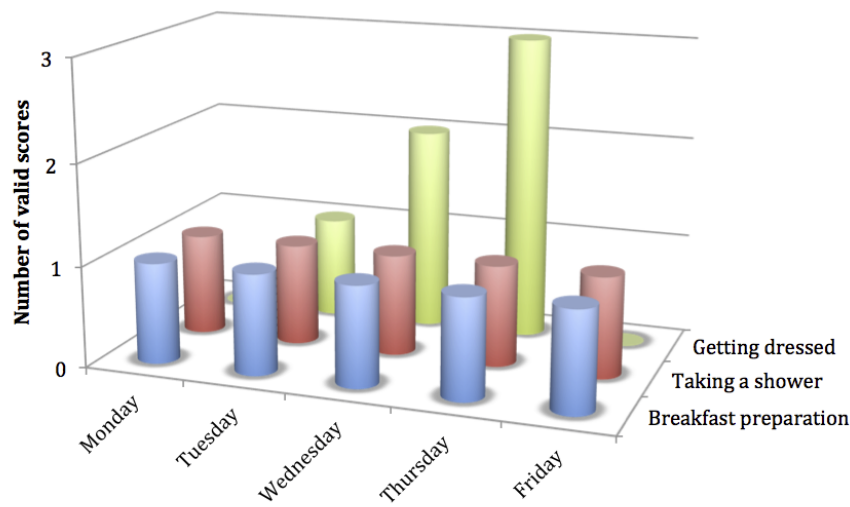


FIGURE 7.2– Longitudinal scores of a participant

7.1.7 Discussion

We first discuss the limitations of our approach and then outline the main perspectives.

Limitations

Single occupant. Our approach is dedicated to monitoring a single occupant of a home. This choice stems from the fact that caregiving professionals report that when older adults live as a couple, one of them can monitor the other one that may need assistance. Therefore, we thought that our work would be more useful in the case of an older adult living alone. Furthermore, as mentioned in Section 7.1.2, experimental studies have shown that monitoring multiple occupants in a home introduce sources of errors.

7.1. VÉRIFICATION DE LA RÉALISATION D'ACTIVITÉS DES ÂGÉS

Number of sensors. Our experimental study involves few sensors. This strategy is problematic for some activities such as getting dressed. Indeed, there might not be enough measures to detect a meaningful pattern. For example, opening the wardrobe may occur for a number of reasons. To recognize the activity of getting dressed, more sensors would be needed to account for other markers of this activity. For example, other doors and drawers could be used to account for additional steps of this activity.

Length of the experiment. Our conclusions could also be strengthened by considering sensor data log over a longer period of time. For example, in Section 7.1.6, we noticed that the activity of taking a shower B_D'' showed that our formula tends to miss stimuli (*i.e.*, too conservative). But in fact, we applied this formula to data log, covering a longer period of time, whenever participants had been recruited earlier. With these additional data, the shower formula perfectly matches our base line. This suggests that more log data increase the confidence in our formulas to accurately verify activities with respect to Signal Detection Theory.

Assessing the accuracy of our approach. Our signal processing methodology presented in Section 7.1.6 could be strengthened by adding multiple observers. We could then compute means of their judgements and compare them to the scores of the formulas. Yet, the consistence of the comparison for a unique observer is very encouraging.

Granularity of activity monitoring. Our approach focuses on whether an activity is performed. Currently, we do not take in account in what order the steps of the activity are performed, the duration of each step, whether a step is repeated, etc. In our approach, these elements are not necessary to study the verification of activities for older adults since the objective is only to assess whether an activity is performed. However, this granularity may not match the requirements of some applications. For example, if the quality of the activity needs to be assessed, the granularity of our work is not sufficient.

Perspectives

Sample size. We are continuing to collect data from our participants and recruiting more participants. As a result, we will soon be able to further the processing of the log data to strengthen our statistical evaluation.

More activities. We are adding more activities in the participants we are monitoring. In particular, we are including all meal preparations. These additional activities will allow us to assess the scalability of our approach.

Applications. We are developing applications that can leverage the routine formulas to remind users of activities of interest. The present work is essential to assess whether activity verification is accurate enough and thus enables an application to send meaningful reminders to a user. For example, an application could be designed in case of non-detection of a routine. This situation can appear if the older adult does not perform a given activity

or if he or she performs the activity, but outside of the declared parameters. Hence, such an application would detect a routine deviation. The consequence could be a message sent to the older adult and/or a caregiver that inform him or her about this deviation.

Screening. Another perspective for activity verification is screening. We plan to use our approach to analyzing the evolution of a routine (order of the steps, duration, time of the day, ...) and the evolution of the routines with respect to each other (order of the routines, occurrences, ...). These analyses should be useful indicators to assess the evolution of the functional status of users.

7.1.8 Conclusions

We have presented an approach dedicated to older adults aimed at verifying activities, instead of inferring them. Our approach is knowledge-based in that it relies on collecting routines that are initially sketched by users at their home. The resulting knowledge about how activities are performed by older adults is reliable because their age-related functional decline increases their degree of routinization.

Then, we have introduced markers that characterize key actions of routines and sensors that measure these actions. Based on these routines, we have defined formulas to verify whether an activity has been performed with respect to sensor log data.

We have validated our approach by conducting an experimental study addressing three daily activities and involving four participants of 83 years of age on average. This study involves a sensor infrastructure that consists of low-cost, non-intrusive, wireless devices. We have collected sensor logs from our participants' home during five weekdays. This study have showed that our formulas produce the same results as a third party, manually analyzing the log data. Using Signal Detection Theory, we also showed that our formulas are accurate and reliable. Furthermore, this approach gives a methodological support to assess the relevance of the knowledge used to define the formulas. For example, asserting that the coffee maker is a key marker of the breakfast preparation can be checked by Signal Detection Theory, and more specifically by the value of A' .

7.2 Etude 4. Un système de notification unifié pour passer à l'échelle les technologies d'assistance

Cet article [Consel *et al.*, 2015] a été publié et présenté à la conférence ASSETS'15 (Lisbonne, Portugal).

Title. A Unifying Notification System To Scale Up Assistive Services

Authors. Charles Consel, Lucile Dupuy, Hélène Sauzéron

Keywords. Assisted living platform ; Assistive technologies ; Pervasive Computing ; Notification Systems ; Field Study ; Human Factors ; Measurement ; Performance

Abstract. Aging creates needs for assistive technology to support all activities of daily living (meal preparation, dressing, social participation, stove monitoring, *etc.*). These needs are mostly addressed by a silo-based approach that requires a new assistive service (*e.g.*, a reminder system, a pill prompter) to be acquired for every activity to be supported. In practice, these services manifest their silo-based nature in their user interactions, and more specifically, in the heterogeneity of their notification system. This heterogeneity incurs a cognitive cost that prevents scaling up assistive services and compromises adoption by older adults.

This paper presents an approach to scaling up the combination of technology-based, assistive services by proposing a unifying notification system. To do so, (1) we propose a decomposition of assistive services to expose their needs in notification ; (2) we introduce a notification framework, allowing heterogeneous assistive services to homogeneously notify users ; (3) we present how this notification framework is carried out in practice for an assisted living platform.

We successfully applied our approach to a range of existing and new assistive services. We used our notification framework to implement an assistive platform that combines a variety of assistive services. This platform has been deployed and used 24/7 at the home of 15 older adults for up to 6 months. This study provides empirical evidence of the effectiveness and learnability of the notification system of our platform, irrespective of the cognitive and sensory resources of the user. Additional results show that our assisted living platform achieved high user acceptance and satisfaction.



7.2.1 Introduction

Despite the many technological innovations available to assist older adults with cognitive decline in their daily life [Rashidi et Mihailidis, 2013], their silo-based nature makes it a challenge to aggregate them as the older adult requires more services to assist an increasing number of daily activities². A proliferation of technology-based services incurs an unrealistic cognitive load for the user, as documented in the literature on aging [Scherer, 2012]. A key obstacle to scaling up technology-based assistive services is the heterogeneity of their user interfaces : because most existing services are developed using a silo-based approach, they impose their own specific interfaces. Older adults thus need to learn these interfaces, even though they often are not proficient with technology. The cognitive cost of this learning process may outweigh the potential benefits of the assistive device, preventing its adoption [Lindenberger *et al.*, 2008].

The range of services needed to assist older adults is so wide and diverse that attempting to unify their user interactions appears unrealistic. Yet, a close examination of existing services permits to outline a decomposition of their user interactions into two categories : *notifications* and *task-specific interactions*. In this context, notifications are issued by assistive services to provide the user with some information such as a situation and an event. As an example, consider a reminder system where notifications request the user's attention when an event has occurred, displaying the event information. These notifications can be made generic to cover, not only the reminder system, but a variety of assistive services, lowering their cognitive cost. Task-specific interactions are those mainly concerned with configuring the assistive service and feeding it with data, if necessary. For example, if the reminder system relies on a shared Web calendar, its network address needs to be defined at configuration time via task-specific interactions. As well, new events need to be entered in this service via task-specific interactions.

Reviewing existing assistive services [Gillespie *et al.*, 2012] reveals that this decomposition can be applied to most of them. Furthermore, according to interviews we conducted with stakeholders, task-specific interactions are often performed by professional and family caregivers. For example, events are entered in a calendar by caregivers (doctor appointments, visit of a family member, *etc.*). In practice, our approach can accomodate existing assistive services by wrapping their notifications with a software layer, or be used as a basis to design new assistive services. In both cases, our approach provides guidelines to define notifications for assistive services. For the service developer, these guidelines take the form of an API.

This paper. We present an approach towards unifying interactions between the user and assistive services. This approach consists of a decomposition method that separates user interactions into task-specification ones and notifications. Then, notifications are homogenized to facilitate the recurring usage of the assistive services. In practice, we provide an API to support notifications and to enforce their homogeneity. Besides the API, notifications

2. www.abledata.com

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

are further homogenized by the use of a unique channel between the user and the assistive services. In the first implementation of our platform, this unique channel corresponds to a tablet. By enforcing the use of an API and unifying the presentation of notifications on a tablet, new assistive services can be introduced without incurring additional cognitive cost, aside from the task-specific interactions.

To validate our approach, we show how it successfully applies to a number of existing and new services that cover the three main domains of assisted living, namely, monitoring of activities of daily living (ADLs), safety and security, and social participation [Mokhtari *et al.*, 2012]. Specifically, our proposed API is implemented in an assisted living platform that has been deployed at the home of 15 older adults, aged 81 on average. Furthermore, we are conducting a field study, using our platform equipped with a variety of assistive services, at the home of older adults. Preliminary results show that our approach to scaling up the assistive services via a uniform notification system is effective and learnable, and achieves user acceptance and satisfaction. Finally, our field study allows us to go beyond a lab study : we put into practice our notification framework with assistive applications and test our implementation in the wild.

7.2.2 Related work

Cognitive cost of assistive services. Using assistive services incurs a cognitive cost for users. As showed by Lindenberger *et al.*, an assistive service may not be adopted, if the resources (physical and cognitive) it requires, outweigh the payoff [Lindenberger *et al.*, 2008]. Beyond the cost of an assistive service, Scherer *et al.* recommend that a user with cognitive decline should not be introduced to more than three assistive tools, to prevent the older adult from being confused and overwhelmed [Scherer, 2012].

These works identify the limitations to introducing services for assisted living purposes. They call for approaches to facilitating interactions with assistive services and lifting the limit on the number of services a declining older adult can cope with.

Design principles for older adults. Designing technology for older adults have been studied extensively by the HCI community. A comprehensive account is given by Fisk *et al.* [Fisk *et al.*, 2012] ; it includes the characterization of older adult users, a presentation of design principles and guidelines, and examples illustrating the approach. As promoted by the authors, user-centered design should drive the development of assistive systems, taking into account the characteristics of aged-related declines in abilities.

Fisk *et al.* concentrate on the development of assistive tools from a unitary perspective. Not only does this perspective yield silo-based technologies, but it does not address the issue of combining these technologies. As increasingly many assistive technologies are needed to address the difficulties of the aging user, a unifying approach is needed to scale up the assistance.

Notification systems. Most studies on notification systems investigate the costs, benefits and the optimal display of notifications in the context of desktop and mobile computing tasks [McCrickard *et al.*, 2003c]. Some works are centered on the human attention system and study the effects of notifications on ongoing computer tasks (e.g., [McCrickard *et al.*, 2003a]). To guide the evaluation of notification systems, McCrickard *et al.* propose a design model of user goals that is based on three critical parameters : interruption, reaction, and comprehension [McCrickard *et al.*, 2003b]. The design of our notification system addresses each of these parameters. Other works of notification systems examine notifications in the context of users with sensory impairments and assess the disruptiveness and effectiveness of notifications using multimodal interactions [Warnock *et al.*, 2011, 2013]. User acceptance of notifications has also been explored; Vastenburger *et al.* conducted a user study of acceptance of notifications in a controlled home setting [Vastenburger *et al.*, 2009]. They show that user acceptance depends on whether the level of intrusiveness of a notification is related to its level of urgency. We use this key finding to structure our model of notifications.

Assisted living platforms. There is a range of platforms for assisted living aimed at older adults that have been developed for more than a decade, as surveyed by Chan *et al.* [Chan *et al.*, 2008] and Rashidi and Mihailidis [Rashidi et Mihailidis, 2013]. Most of these platforms are used in an experimental setting where participants come to a research apartment to perform certain tasks (e.g., [Rashidi et Mihailidis, 2013; Rantz *et al.*, 2011; Abowd et Mynatt, 2004]). This setting makes it difficult to assess user acceptance and satisfaction of the proposed approaches because the user does not interact with the technology on a daily basis, over a period of time. Furthermore, older adults adopt routines to optimize their daily functioning at home [Bouisson, 2002]. This situation calls for field studies in a naturalistic setting to strengthen the evaluation of assisted living platforms.

Area-specific assistive services. The HCI community has proposed principles and guidelines to design assistive services that target specific needs of older adults. This includes family/peer interaction (e.g., PeerCare [Riche et Mackay, 2009] and Message Center [Wiley *et al.*, 2006]), monitoring daily activities (e.g., Digital Family Portraits [Rowan et Mynatt, 2005] and DigiSwitch [Caine *et al.*, 2010]), and monitoring health-related activities (e.g., medication taking [Lee et Dey, 2011, 2014; Khan *et al.*, 2010]).

Our work explores how a notification framework can contribute to scaling up the combination of silo-based assistive services across domains of assisted living, while achieving user acceptance and satisfaction.

7.2.3 A Unifying Framework for Notifications

This section presents our framework, which unifies notifications of assistive services. To do so, we first introduce how user interactions can be split into two groups : notifications and task-specific interactions. Second, we define a model for notifications that consists of

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

two types of interactions, their interaction protocol, and their API. Third, we instantiate this model by showing how a tablet can be used to realize notifications. Last, we briefly present an assisted living platform that implements our proposed framework.

Throughout this section, we illustrate our approach with examples of assistive services taken from all domains of assisted living. Each step of our approach is instantiated with one of these examples. A selection of all the examples we have studied is presented in Table 7.3.

Domain	Service	Description	Task-specific interactions	Notifications	Type
Safety	Activity checker	It checks whether the user gets out of bed in the morning prior to a set time	Latest time	Alert	C
	Pill prompter	It reminds the user to take medication	New prescription	Reminder & Pill info	C
Security	Night door monitoring	It alerts the user if the entry door is open at night.	Night parameters	Alert	C
	Stove monitor	It monitors the use of the stove and alerts the user when the stove is left unattended more than a set time	Max. time unattended	Alert	C
ADLs	ADL reminder	It reminds the user to perform certain ADLs	ADLs of interest and their schedules	Reminder & ADL info	NC
	Bill management	It reminds the user of recurring bills to be paid	Company name	Reminder & Billing info	NC
Social participation	email notifier	It notifies the user for new email messages	List of VIP email addresses	Notification & message excerpt	NC
	Municipal events	It announces social events for senior adults, organized by their municipality	Preferences	Notification & event name	NC

Tableau 7.3– Our approach applied to examples of assistive services and target user profiles. 'NC' and 'C' correspond to the type of notifications that is either non-critical or critical, respectively.

Decomposing Interactions

Task-specific interactions mostly involve providing both configuration parameters and specific data to an assistive service. For assistive services that are networked, typical configuration parameters include network parameters, privacy requirements, and caregiver contact information. Let us examine our decomposition of interactions with respect to the main domains of assisted living. For the domain of ADLs, consider the example of a pill prompter : an assistive service that reminds the user of medication to be taken. An example of a task-specific interaction for this service is to enable the caregiver to define/update a doctor's prescription. Another example is to customize the service by defining the snooze length for alerts. Notifications include issuing a reminder to take pills and an alert when the prescription is about to expire.

For the domain of safety and security, consider the example of a door monitor ; this assistive service aims to prevent the entry door of a home from being left open and unattended. Task-specific interactions for this service includes its adaption to the user's needs and preferences. For example, the service may be parameterized with respect to the time during which the door can be open unattended, and the period during which door activities are considered to be daytime. Notifications consist of alerting the user when the door is left open.

For the domain of social participation, let us take the example of an email notifier. This assistive service notifies the user when (s)he receives email messages. Task-specific interactions for this service include setting the email account, parameterizing the occurrences of notifications (w.r.t. number of messages, specific senders, *etc.*). Notifications consist of informing the user of new message(s) (possibly displaying an excerpt from message(s)).

A Model for Notifications

Now that interactions have been classified as task specific and notifications, we need to further work on the notifications by introducing a model of interactions. This model is simple but realistic in that it has been applied to a range of existing and new assistive services (see Table 7.3).

Notification Types

Field experiments show that user acceptance of notification systems depends on the level of urgency of the messages (*e.g.*, [Vastenburg *et al.*, 2008]). To account for this key finding, we defined two categories of notifications : non-critical and critical. Non-critical notifications are the ones that do not need to be immediately attended to by the user ; they announce a situation or an information. In contrast, critical interactions correspond to situations of assistance that may involve safety or security ; the user's attention is thus requested. Determining whether a notification is non-critical or critical depends on a number of parameters, such as the nature of the assistive service, the target user, the user environment, *etc.*

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

Not only do we introduce these types of notifications at a conceptual level, but we also provide mechanisms to ensure that this distinction is propagated throughout the development of an assistive service so as to deliver an appropriate level of intrusiveness.

A major benefit of the critical/non-critical dichotomy is that it allows to reduce the cognitive cost of both the interpretation and the decision making process relative to notifications. Such approach is highly recommended for older adults [Lindenberger *et al.*, 2008].

For our deployed assisted living platform, examples of non-critical notifications include an email notice, an event reminder, and a fridge door monitor. These assistive services do not depend on whether the user acknowledges their announcements. Critical interactions have been used for applications such as the entry door monitor, the stove monitor, and the activity monitor. In these examples, the absence of user input typically leads to eventually solicit a caregiver. More examples can be found in Figure 7.3.

Interaction Protocols

As reported by Vastenburg *et al.*, user acceptance of notifications in the home can be improved by adjusting the level of intrusiveness of the presentation to the message urgency [Vastenburg *et al.*, 2009]. As a result, non-critical and critical notifications call for different interaction protocols. The protocol for non-critical interactions is that a situation or some information is announced. We propose that after a given time, if the user has not attended to the notification, it disappears and is assumed to be accumulated with other unattended non-critical notifications.

Critical notifications require user input because, by the definition given above, they involve safety or security. Consequently, when an assistive service issues a critical notification, we propose to give it a high level of intrusiveness to match the high value of the message [Vastenburg *et al.*, 2009]. Specifically, the notification will be repeated until the user responds. Furthermore, after a given time, the service will take emergency actions, such as turning off the stove and, in most cases, calling a caregiver.

An API

Our model is mapped into an API to enforce it at development time. In doing so, the programmer of an assistive service implements the service notifications following the notification types determined by the human factor expert for a given target user profile. Each user profile takes into account the dimensions relevant to the task to be assisted : the physical status, the functional status and the cognitive status. Typically, a door alert will trigger a non-critical notification for users with very good autonomy and a critical notification for lesser autonomous users. The collaboration between the programmer and the human factor expert is essential to ensure that the level of intrusiveness of the notification corresponds to the urgency of the situation and the user profile. In practice, our platform allows for different applications to be available for a given task (e.g., door monitor) thanks to an online catalog. As a result, users with different profiles will be given different assistive services. This approach contributes to achieving user acceptance. Figure 7.3 provides examples of no-

tifications, whose types (rightmost column) are defined with respect to the user profiles of our user study.

Notice that our API abstracts over the way notifications are implemented. As will be discussed next, they may be carried out with a tablet. In principle, other devices could be used such as a TV or even a smart phone. We describe the main operations included in our API at a conceptual level, omitting the programming details.

A non-critical notification corresponds to an operation that takes a title, a notification content and an image. The title is used to categorize the notification in a pre-defined list (e.g., caution, reminder, FYI). The notification content corresponds to the message to be delivered to the user. An image can be used when dual coding (image and text) improves user performance to respond to the notifications of the application, as suggested by Warnock *et al.* [Warnock *et al.*, 2013]. Rendering the image depends on the functionality of the device used for interactions.

Because of its nature, a critical notification prompts the user to provide information that allows the application to take a course of action. Consequently, in addition to the input parameters of the non-critical notification, the critical one also takes a list of possible responses for the user to choose from. The user selects one of them to answer the question that corresponds to the notification message parameter.

Finally, it could be argued that our API prevents existing assistive services from being reused. In most cases, reuse can be achieved by wrapping an existing service with our API. This strategy is facilitated by the fact that assistive services are commonly implemented in the form of a Web service. In this case, we implement a software layer that operates the target Web service and calls our API whenever notifications need to be sent to the user.

An Interaction Support : A Tablet

We now instantiate our model of notifications with respect to a device, namely a tablet. Older adults have been shown to adapt well to touchscreen tablets [Fisk *et al.*, 2012] and to perform better than with the desktop and mouse [Findlater *et al.*, 2013]. As well, a key advantage of this device is that it can autonomously support interactions with a user, unlike a TV that requires a remote control for user input.

To account for the capabilities of our target users, we strive to minimize the attentional resources required by assistive services. To do so, we increase multisensory integration to render notifications, making it easier to discriminate between notification types for older adults [Laurienti *et al.*, 2004; Mozolic *et al.*, 2012]. In practice, we leverage the features of the tablet to implement multi-modal coding of notifications, integrating tones, shapes, colors, and text. Let us now examine how our approach is carried out in practice and what benefits are brought to the user.

To allow the user to distinguish between non-critical and critical notifications, a specific tone was chosen for each type of notifications. As a result, users can quickly make the difference and do not bother going to the tablet when they hear a non-critical notification

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

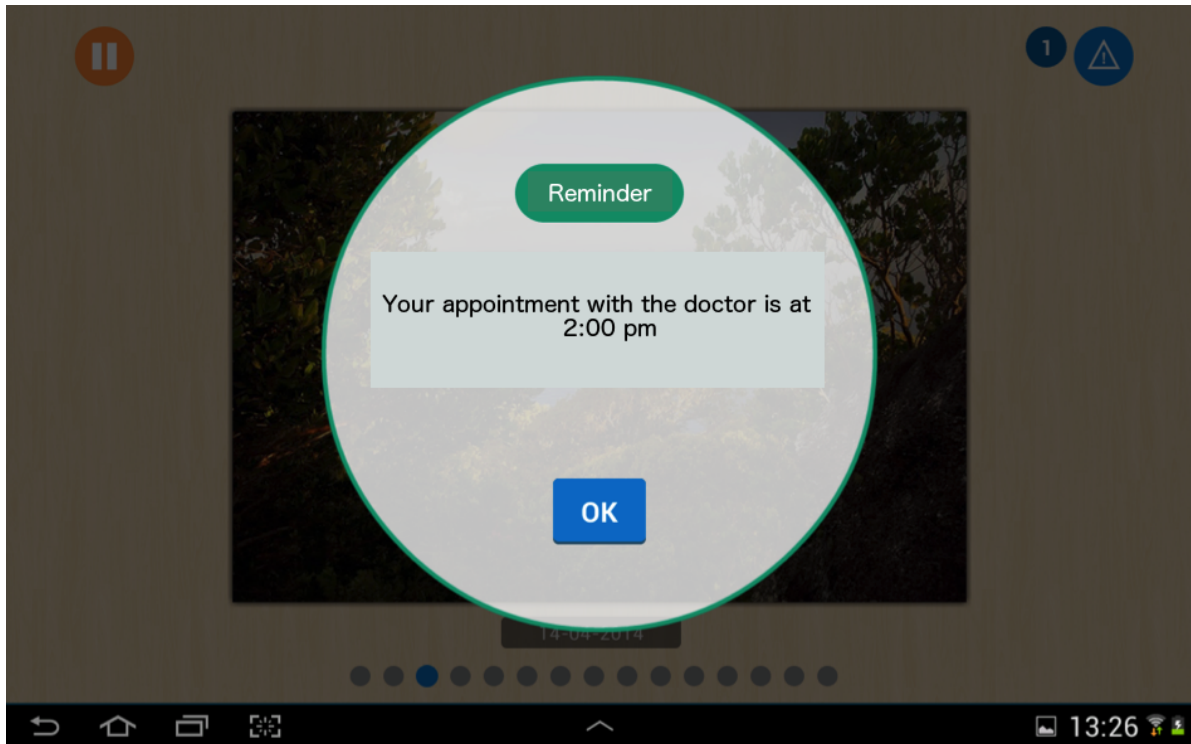


FIGURE 7.3– An example of a non-critical notification

and are busy doing something else. To reduce the level of intrusiveness for non-critical notifications, our implementation uses a softer volume and tone for these notifications than for critical ones. By reducing the intrusiveness of these interruptions, we address the first of McCrickard *et al.*'s critical parameters of notification systems [McCrickard *et al.*, 2003b].

In addition to using different tones, we also use two different visual frames to display non-critical and critical notifications. Examples of notifications are displayed in Figures 7.3 and 7.4. As can be noticed, notifications are surrounded by a different shape, depending on their criticality : a green circle for a non-critical notification and an orange rectangle for a critical one. This strategy further reduces attentional resources and improves the ability for the user to distinguish between the two types of notifications, lowering the cognitive cost for making a decision. As such, this strategy improves the reaction to notifications using preattentive processing, thus addressing the second of McCrickard *et al.*'s critical parameters of notification systems [McCrickard *et al.*, 2003b]. Note that in the current implementation, images are not used for notifications.

Non-critical notifications can be attended at a later time by the user. In this case, they are gathered and are accessible by the user at their convenience. Unattended notifications are signaled to the user by the icon in the right corner of the tablet screen. This is illustrated in Figure 8.3 where the number of unattended notifications is displayed in a blue circle, at

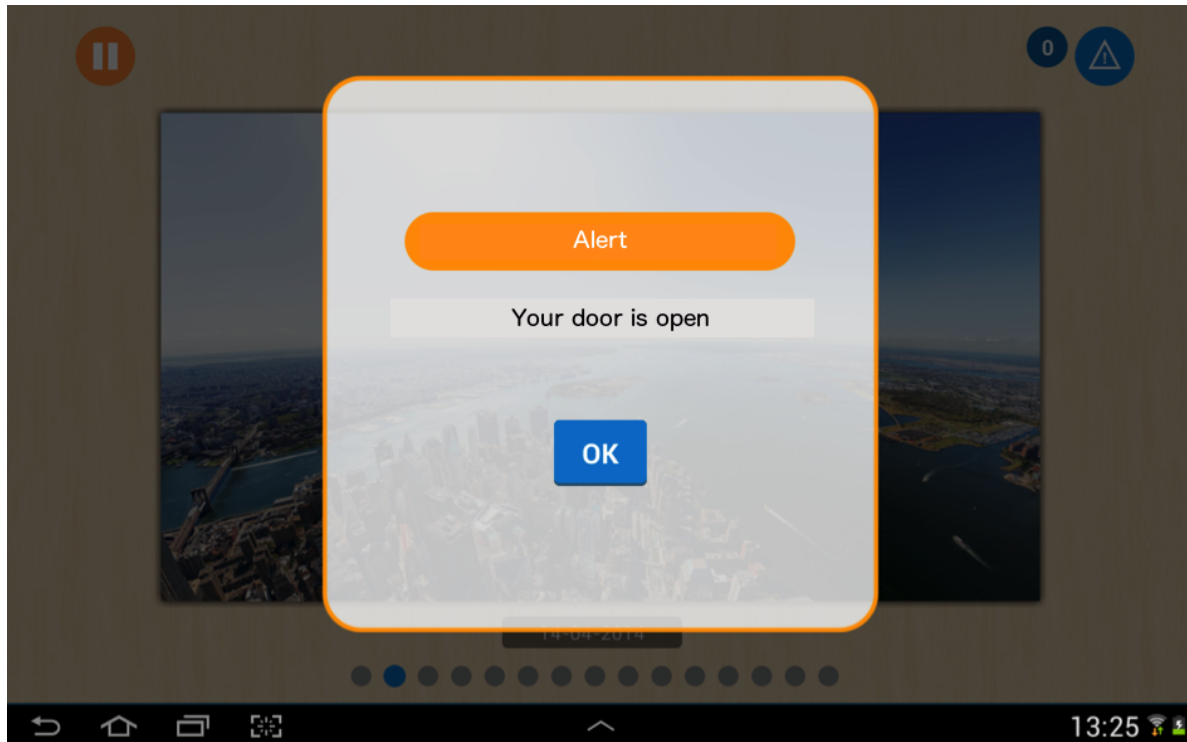


FIGURE 7.4– An example of a critical notification

the top right corner of the screen. In Figure 7.5, we show a list of unattended notifications that the user can access by touching on the blue triangle. In contrast, a critical notification does not disappear from the screen and the tone is played periodically, until the notification is handled by the user.

Towards addressing the comprehension parameter of McCrickard *et al.*'s model [McCrickard *et al.*, 2003b], we keep messages short and located at the center of the notification window. To further explore this parameter, it needs to be considered in the context of assisted living. For critical notifications, the goal of the system is for the user to understand the message and resolve the safety-critical situation that triggered the notification. As explained earlier, the notification repeats until the message is understood and the situation resolved. For non-critical notifications, the message can be kept in the list of unattended notifications until the user decides that remembering the information is no longer necessary.

Notice that the API can be leveraged to enrich the interaction with the user. For example, a light could be used in addition the tablet to signal a notification. As is proposed by devices such as HUE by Philips,³ we could even use a different color to indicate whether the notification is non-critical or critical. Along the same line, notifications could be played to the

3. www.meethue.com

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

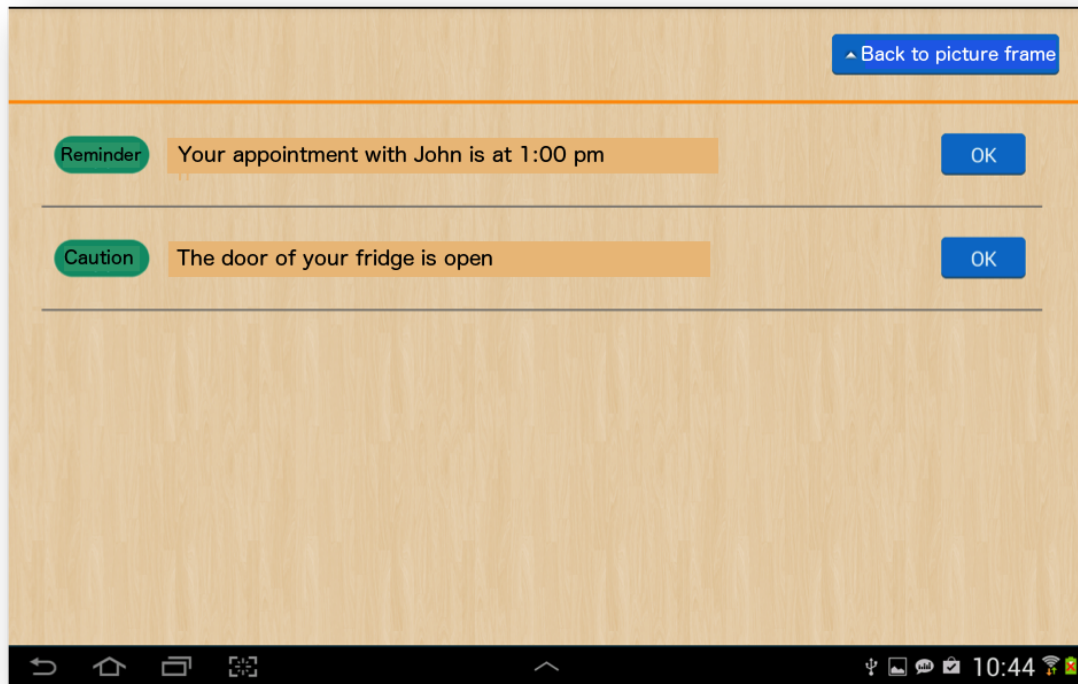


FIGURE 7.5– An example of a list of unattended notifications

user via a voice synthesizer. These choices allow to tailor the presentation of notification to the user's preferences, improving their satisfaction and adoption.

Finally, introducing an API allows to factorize the expertise in designing user interactions that are adapted to older adults. In particular, the format of the notification text is defined by default according to the standards used for older adults and disabled users (ISO 22411).⁴

The Assisted Living Platform

Our proposed approach is been carried out in practice in a platform for assisted living, dedicated to older adults. This platform is based on a range of building blocks, both hardware (*e.g.*, motion detector, contact sensor, smart switch) and software (*e.g.*, calendar, photo album, address book). In addition, the user is provided with a tablet, which is stationary, plugged, and located at a central location in the user's home. Interactions between the user and the assistive services revolve around this tablet. To prevent the tablet from stigmatizing the user, when it is idle, it becomes a digital frame, as shown in Figure 8.3. This service streams photos

4. ISO/TR 22411 – 2008.

from a shared album (e.g., Picasa photo) that can be updated by family members and friends ; it greatly contributes to the user acceptance and satisfaction of the platform.

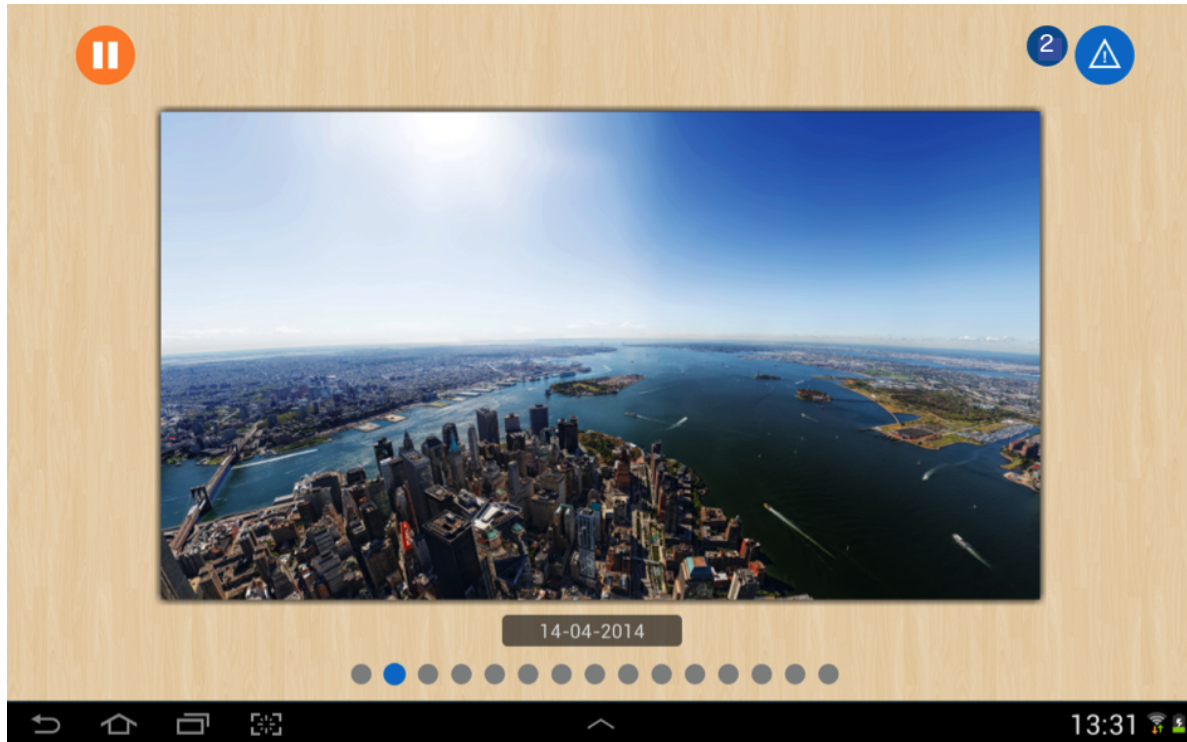


FIGURE 7.6– Digital frame

For the sake of completeness, note that the tablet provides the user with a control mechanism (top left corner of the screen) that allows to pause the platform at anytime for different durations.

Deployed Services

The assistive services of our field study cover the three domains of assisted living. Safety and security are addressed by two assistive services that monitor the entry door. During daytime, one service prompts the user when the door is open and left unattended for a given period of time. During nighttime, another service alerts the user when the door is opened. Both services use a critical interaction and solicit a caregiver if the user does not respond to the alert.

ADLs are covered by an application that reminds the user to perform a given set of activities (e.g., preparing a meal, dressing), when they have not been performed within a time window. This application leverages work on activity detection by Caroux *et al.* [Caroux *et al.*, 2014]. In this domain, another application sends reminders to the user prior to the due

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

date of utility bills. Finally, a service monitors the fridge door to ensure it is not left open for too long.

Regarding social participation, an email notifier announces social events for older adults, organized by their municipality. Another service sends a notification when new email messages have been received by the user.

For the sake of completeness, note that other assistive services, beyond the scope of this work, are running in our participants' home. As mentioned earlier, when the tablet is idle, it turns into a digital photo frame. This service can be seen as stimulating social participation because family members and friends share their photos on this album. This digital frame does not require any interaction from the user. Another assistive service provided by our platform is a light path, to guide the user to the bathroom at night. This light path is controlled by the switch of a bed light. Here, we leverage an existing interaction to control the assistive service.

7.2.4 Description of the Field Study

In this section, we present a field study aimed to validate our approach. We first evaluate the effectiveness and learnability of our notification system for older adults. Then, we assess the user experience by measuring user acceptance and satisfaction. This evaluation is based on the interactions triggered by the assistive services of our platform, equipping the homes of our study participants. From the user's perspective, the tablet serves service notifications and materializes the assisted living platform. Indeed, the hardware infrastructure of the platform consists of unobtrusive entities, such as motion detectors, contact sensors (battery powered), and smart switches ; they are wireless and placed at discreet locations. Software entities are Web services accessible via Internet and only visible through the stimuli they generate for the platform (*e.g.*, events). We provide empirical evidence that the notification system of our assisted living platform is suitable for older adults, even with cognitive and/or sensory loss.

Our assisted living platform was deployed in the house of 15 community-dwelling older adults (see below) for a 6-month period. Every six weeks, interaction data and questionnaires were collected to measure the longitudinal effect of the platform adoption. This data collection took place in the house of the participants and was performed by a research member of our group.

Note that the ecological nature of our field deployment requires a cautious approach considering that our participants are old older adults (81 years old on average). The assisted living platform manages potentially critical situations (*e.g.*, door alert) that preclude the use of an unsuited notification system. Indeed, deploying an unsuited notification system to achieve a control condition for an experimental setup could have deleterious consequences for the participants [Wetherell *et al.*, 2002]. This situation would rightfully raise serious concerns from an ethical committee.

Participants

We recruited 15 community-dwelling, old older adults. This was done in collaboration with a public home care service for older adults. We selected participants that live alone in their apartment or house. This choice addressed four key issues. First, this situation simplifies the design space of most assistive services (e.g., no user-sensitive context). Second, assistive services can be customized with respect to a unique user, contributing further to user acceptance and satisfaction. Third, as reported in the literature [Logan *et al.*, 2007], having multiple occupants in a home introduces sources of errors when monitoring activities. In turn, this situation has a negative effects on assistive services that are context sensitive, such as the ADL reminder. A final argument is that older adults living in couple are most of the time assisted by their spouse, and thus are less prompt to request for assistance.

Participants	Mean (SD)
Age	81.07 (6.19)
Gender	3 men and 12 women
Education years	9.60 (1.55)
Family status	14 widowed and 1 single
MMSE [0 – 30]	27.80 (1.37)
Timed-IADL [5 – 15]	5.40 (0.74)
Self-reported IADL [9 – 45]	23.80 (6.62)
Cognitive resources [0 – 162]	149.60 (7.90)
Sensory resources [0 – 4]	2.67 (0.95)

Tableau 7.4– Participant profiles. SD means Standard Deviation, interval notations are used for score ranges.

As described in Table 7.7, our participants were recruited according to specific exclusion criteria : dependency syndrome ; neurological or musculoskeletal disease or systemic disorders. The main inclusion criterion was cognitive integrity with an MMSE (Mini Mental State Examination) [Folstein *et al.*, 1975] score greater than 24 [Albert *et al.*, 2011]. According to the Helsinki declaration (WMA, 2008), approval was sought and obtained from the ethics committee of the University of Bordeaux. All participants provided a written consent form prior to the participation in our study.

We assessed their functional status for some activities of daily living. First, we evaluated their performance in IADLs, using the timed-IADL assessment test [Owsley *et al.*, 2002]. A participant is asked to perform an activity with a time limit. If the activity is achieved without error and without exceeding the time limit, a score of 1 is given. A score of 3 means that the participant has major difficulties to perform the activity. We tested our participants on five different activities ; this gave scores ranging from 5 (ideal performance) to 15 (major difficulties). In Table 7.7, we observe that our 15 participants obtain near ideal scores (5).

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

We conclude that our participants show no difficulties in performing IADLs and have a high level of autonomy.

Then, we asked them to self-assess their functional status, using the 9-item IADL scale [Lawton *et al.*, 1982]. For each item, the participant assesses their performance : 1 denotes no difficulties and 5 denotes major difficulties. This tool shows that we have a variety of participants in the way they see themselves performing ADLs ; it ranges from 15 to 36, on a scale of 45. In summary, our participants perform well in their ADLs, although they perceive themselves as experiencing difficulties. From these data, our participants exhibit a normal cognitive decline, along with complaints related to their everyday functioning.

Finally, to measure participants' cognitive resources, we summed two scores of widely used scales assessing cognitive functioning : the Dementia Rating Scale-2 (DRS-2⁵) [Jurica *et al.*, 2004] and the Frontal Assessment Battery (FAB⁶) [Dubois *et al.*, 2000]. Sensory resources were measured using 2 items with 3 modalities (from 0 - poor abilities, to 2 - no impairment) regarding vision or audition.

Timed usage scenarios

Inspired by the timed-IADL assessment [Owsley *et al.*, 2002], we designed a test tool to measure the user's performance in using the tablet with two everyday usage scenarios, involving a critical interaction and a non-critical one. The two usage scenarios used are defined in Table 7.5.

These two usage scenarios were selected from the deployed services because they are easy to implement. This test ranges on a scale of 3 ; the score depends on the type and number of errors made by the user, and whether the task was performed within the allocated time. A score of 3 denotes a task performed without errors and within the allocated time. A score of 2 corresponds to a task performed with minor errors but within the allocated time. A score of 1 is when the user did not complete the task or made major errors.

Data Collected

As mentioned earlier, we evaluate our approach by collecting measures of effectiveness and learnability of the notifications, as well as user acceptance and satisfaction of the assisted living platform. The period covered by our study starts six weeks after the platform is installed and ends after six month of using it, with data collected every six weeks (at 1.5, 3, 4.5 and 6 months of use).

Effectiveness and learnability. Our measure of effectiveness is the score given by the usage scenarios presented above. Our measure of learnability refers to the interaction dura-

5. The DRS-2 measures five basic cognitive domains : attention, initiation, abstraction, verbal and non-verbal memory.

6. The FAB assesses executive functioning, including controlled inhibition, flexibility and conceptualization.

CHAPITRE 7. CONCEPTION D'UNE TECHNOLOGIE AMBIANTE D'ASSISTANCE
DOMICILIAIRE

Task	Notification type	Task conditions	Notification	Instructions to the user	Expected behavior	Time limit
1	Critical	The user is in front of the tablet; the experimenter has left the entry door open; a notification appears	Alert : your door is open	"What is happening and how should you react?"	"The door is open". The user presses the "OK" button, goes to the entry door and closes it.	20s.
2	Non-critical	The user is in front of the tablet; the experimenter has scheduled an appointment; a notification appears	Reminder : Your appointment to the doctor is at 2 :00pm	"What is happening and how should you react?"	"I have an appointment to my doctor at 2 :00pm"; the user presses the OK button	15s.

Tableau 7.5– Timed Usage Scenarios

tion to perform the task, measured in seconds. As mentioned earlier, we assessed effectiveness and learnability four times during our six-month study (every six weeks).

User acceptance. Our approach to measure user acceptance was inspired by an existing online tool proposed by Hassenzahl [Hassenzahl, 2004].⁷ This measurement decomposes acceptance into five dimensions : ergonomic quality, hedonic quality, appealingness, anxiety and safety perception, and social influence. Answers to the questionnaire range over a scale of 7 points, from -3 to 3, including two antonyms (*e.g.*, nervous/relaxed). Each acceptance dimension of the questionnaire consists of 6 items. The global score (from -3 to 3) is computed by averaging the scores of the answers collected for the questionnaire. High acceptance is denoted by a high score.

Importantly, we did not use the Technology Acceptance Model (TAM) that stresses the perceived usefulness and perceived ease of use as the main attitudinal factors towards technology acceptance [Davis, 1989; Venkatesh *et al.*, 2003]. Indeed, Chen and Chan conducted an experimental study involving 1012 seniors and demonstrated that technology acceptance is predicted by user characteristics, rather than attitudinal factors (perceived usefulness and ease of use) [Chen et Chan, 2014]. As a result, we decided to measure user acceptance beyond the two main attitudinal factors of TAM, including dimensions related to user experience using Hassenzahl's tool [Hassenzahl, 2004].

7. <http://attrakdiff.de>

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

User satisfaction. We used the QUEST questionnaire [Demers *et al.*, 2002] to measure user satisfaction. Each item of this questionnaire is evaluated on a scale ranging from 1 to 5. A value 1 corresponds to 'not satisfied at all' and a value 5 to 'very satisfied'. The questionnaire consists of 12 items and the total score is on a scale of 5. A high score denotes a high user satisfaction with the technology.

7.2.5 Analysis

We now analyze the longitudinal measures of effectiveness and learnability over our 15 participants, for both critical and non-critical interactions with the tablet. Then, we analyze the measures of user acceptance and satisfaction. In addition, for each measure, we evaluate the impact of cognitive and sensory resources of the user to identify whether this system can effectively match the variability of the users in their declining abilities.

Effectiveness and learnability measures

Thanks to two usage scenarios of the user managing critical and non-critical notifications, we assessed effectiveness and learnability of the platform. The performances of our participants are shown in Figure 7.7 for effectiveness and in Figure 7.8 for learnability. To study the evolution of these measures during the six-month period, we performed ANOVAs with the following statistical design : 2 independent factors [time of use (at 1.5, 3, 4.5 and 6 months) and notification type (critical vs. non-critical)], and effectiveness score or learnability time as dependent factors.

First, we can observe a significant improvement of the effectiveness over the six-month period [effect of time : $F(3,108) = 8.11$; $p < 0.001$]. Moreover, the ANOVA's results indicate a significant effect of the notification type [$F(3,108) = 5.74$; $p = 0.018$], with higher values for non-critical notifications, implicating that scores are significantly higher for this notification type. No interaction between our two independent factors (*i.e.*, time \times notification type) was observed [$F(3,108) = 2.32$; $p = 0.080$], which means that notification types do not evolve differently in a significant way over the period of the study.

Globally, these results indicate an improvement of effectiveness to answer both critical and non-critical notifications over the course of the study. A maximal performance is reached after 4.5 months of using our platform ; this maximal performance remains over time.

Regarding learnability, we observe a significant improvement of the performance over time [effect of time : $F(3,108) = 10.45$; $p < 0.001$], but no effect regarding the notification type [$F(3,108) = 2.77$; $p = 0.100$]. However, the ANOVA analysis indicates a significant interaction effect between the two independent factors (*i.e.*, time \times notification type) [$F(3,108) = 2.65$; $p = 0.05$], which means that the learnability of critical and non-critical notifications evolves differently over time. More precisely, at six weeks of technology use, participants take more time to answer to a critical notification than a non-critical one. However, at six months of use, users perform equally well, irrespective of notification type. These results can be explained

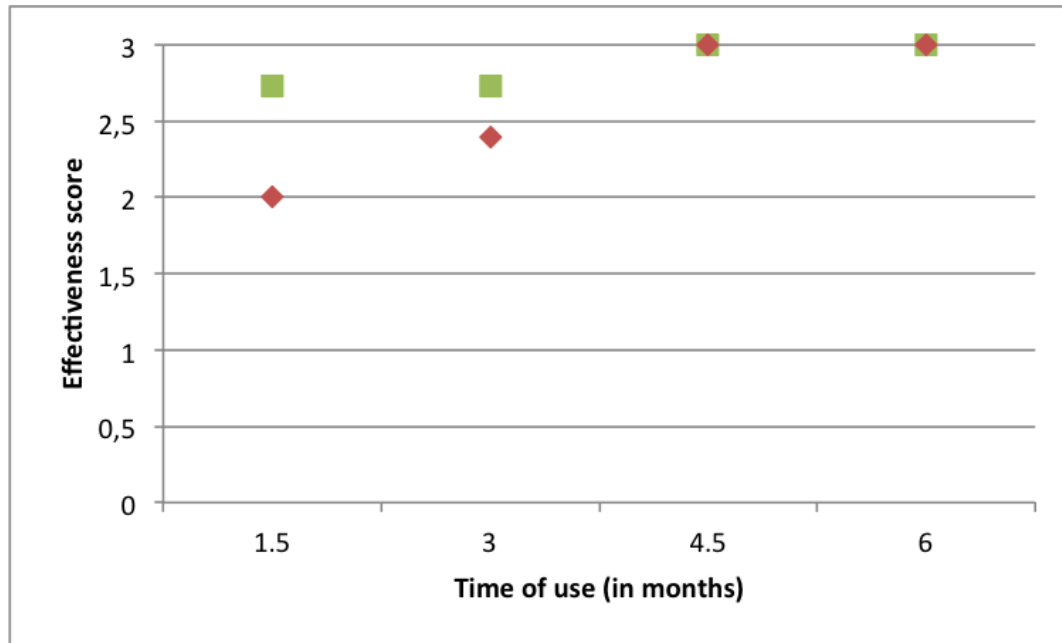


FIGURE 7.7– Evolution of effectiveness. Effectiveness scores range from 0 to 3, diamonds represent critical notifications and squares non-critical ones.

by an effective learning of the platform over time, resulting in an automation of the process of answering critical notifications.

Finally, we performed two ANCOVAs with the following statistical design : time of use (at 1.5, 3, 4.5 and 6 months) and notification type (critical vs. non-critical) as independent factors, cognitive score (or sensory score) as continuous covariant factor, and effectiveness score or learnability time as dependent factors. Results highlight that cognitive and sensory resources have no impact on effectiveness and learnability. Thus, this platform is usable by older adults and its learnability is irrespective of cognitive or sensory loss.

Longitudinal assessment of user acceptance

To measure user acceptance during the use of our platform, five dimensions of acceptance (ergonomic quality, hedonic quality, appealingness, anxiety and safety perception, and social influence) was assessed four times for our participants : 1) six weeks after the platform installation, 2) after 3 months of using the platform, 3) after 4.5 months, and 4) after 6 months. The longitudinal evolution of our five dimensions of acceptance was analyzed using MANOVA [5 dimensions (ergonomic quality, hedonic quality, appealingness, safety perception, and social influence) as dependent variables \times 1 independent factor (time of measure)]. Figure 7.9 shows the acceptance scores given by our participants for these measures, in addition to the mean score of these participants.

Statistical analysis failed to be significative (all the effects with $p > 0.200$), but we observe that high scores are obtained over the course of the study, with an improvement for

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

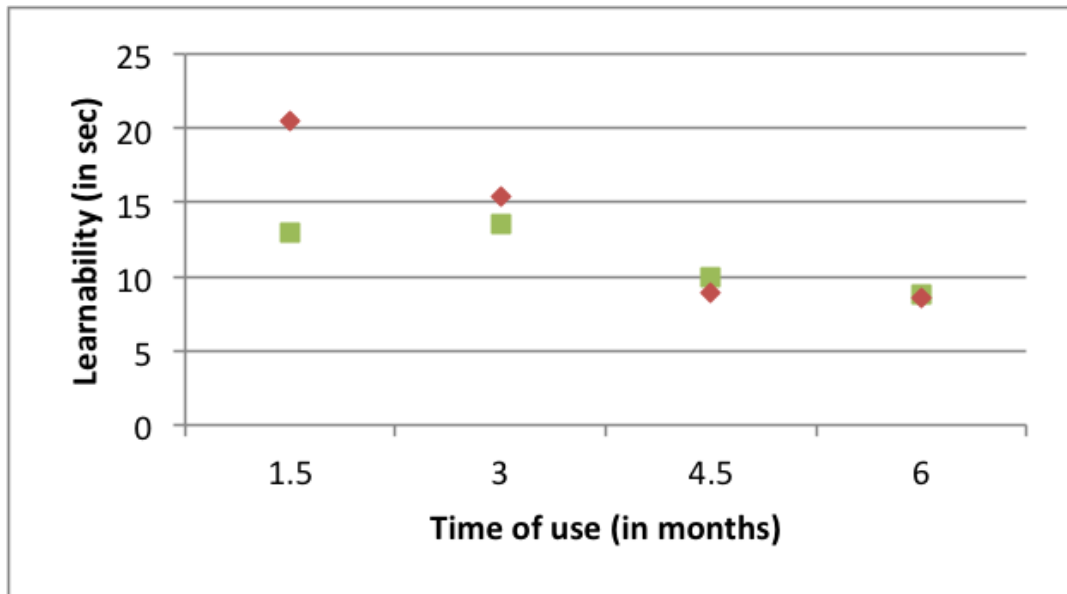


FIGURE 7.8– Evolution of learnability. Time is measured in seconds, diamonds represent critical notifications and squares non-critical ones.

the majority of variables, mainly for the ergonomic and safety perception dimensions. The global acceptance score shows a slight increase too.

Then, in order to investigate the implication of cognitive and sensory resources on technology acceptance, we performed ANCOVAs with the following statistical design : time (at 1.5, 3, 4.5 and 6 months) as independent factor, acceptance dimensions as dependent factor, and cognitive score (or sensory score) as continuous covariant factor (Table 7.6). When a significant effect was found, we used inter-correlation analysis to identify the correlation (positive or negative) between the factors.

	<i>Cognitive resources</i>	<i>Sensory Resources</i>
Global acceptance	$F(3.53) = 4.68^*$	$F(3.53) = 4.04^*$
Ergonomy	$F(3.53) = 4.02^*$	ns
Hedony	$F(3.53) = 5.70^*$	$F(3.53) = 3.97\ddagger$
Appealingness	$F(3.53) = 3.32 \ddagger$	$F(3.53) = 4.31^*$
Safety perception	ns	ns
Social influence	$F(3.53) = 3.24\ddagger$	$F(3.53) = 4.68^*$

ANCOVAs=analysis of covariance

* $p < 0.05$; $\ddagger p < 0.08$; ns=non significant.

Tableau 7.6– ANCOVAs results controlling for cognitive or sensory scores

Results indicate a significant effect of the cognitive resources of the users on most of

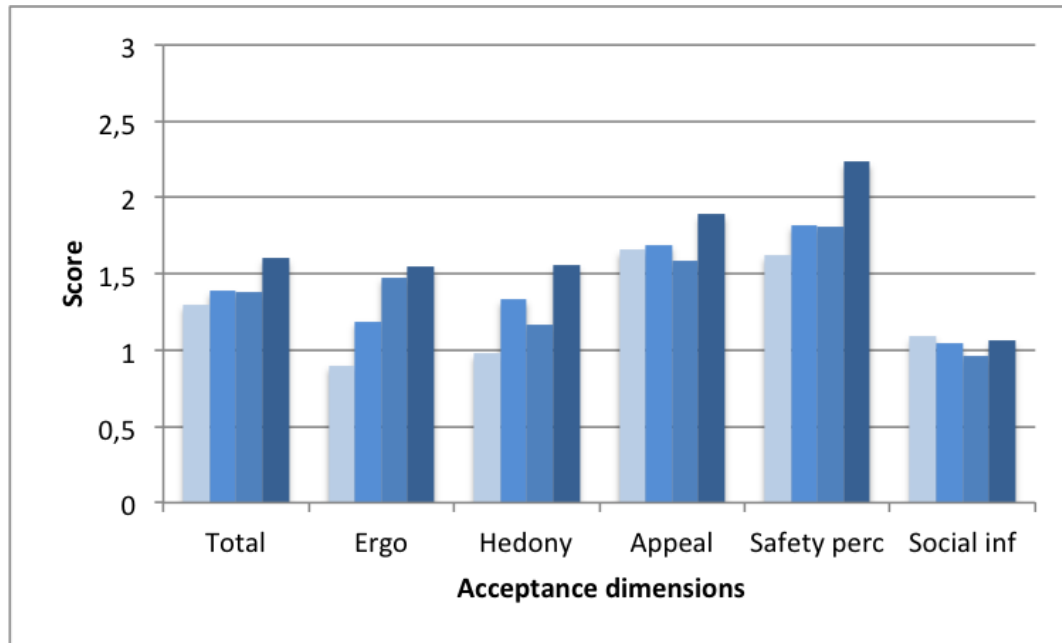


FIGURE 7.9– Evolution of user acceptance. User acceptance is scored from -3 to 3, four measures were made during the study (at 1.5, 3, 4.5 and 6 months) represented by the four shades of blue.

the acceptance dimensions (every variable except safety perception). Inter-correlations show negative relation between these factors (all the $r < -0.22$; all the $p < 0.07$), indicating that the more cognitive resources are deteriorated, the more technology is accepted. Regarding sensory resources, we can observe a significant relationship with some dimensions (hedony, appealingness, social influence, and the total score of acceptance), with a positive correlation (all the $r > 0.25$; all the $p < 0.05$). This result implies that the more sensory aptitudes are diminished, the more technology acceptance is low.

Globally, these results highlight the constant improvement of user acceptance, showing that users are comfortable with the technology and confident that they can handle their interactions with it. Furthermore, we observed a better acceptance when users have poor cognitive resources and mild sensory decline, showing that the system does not require many resources to interact with it.

User satisfaction

We administered the QUEST questionnaire to measure user satisfaction about the technology after 1.5, 3, 4.5 and 6 months of usage experience.

We observed that the satisfaction score was already high for all of our participants after 1.5 month of use (the mean score is 4.28 for a max score of 5), and did not statistically differ over time [ANOVA : $F(3.53) = 0.41$; $p = 0.75$].

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

By doing the same statistical design as above (*i.e.*, ANCOVAs with cognitive and sensory resources as covariant), we only observe a significant effect of cognitive resources on satisfaction score [$F(3.53) = 4.68$; $p = 0.035$], with a negative correlation ($r = -0.29$; $p = 0.03$), indicating that users with low cognitive resources are more satisfied with the technology.

Overall, participants exhibit a high satisfaction score regarding our technology, and this satisfaction remains constant over a period of six months. Moreover, this satisfaction score is further enhanced for users with poor cognitive aptitudes, and remains unchanged for user with declining sensory resources.

7.2.6 Discussion

This paper presents our approach to scaling up assistive services by homogenizing notifications. We measured during a six-month study the evolution of the effectiveness, learnability, and acceptance of our platform embedded in the daily life of fifteen older adults. Moreover, we assessed the relation of such variables as users' abilities (*i.e.*, cognitive and sensory resources).

Our results indicate that unifying notifications allows the user to be fully acquainted with the interactions of our platform. This acquaintance improves over the study period, in terms of effectiveness, learnability, and acceptance.

Regarding effectiveness and learnability, we observe an effective acquaintance with the platform, irrespective of the cognitive and sensory resources of the users. This means that this platform is suitable for the interaction abilities of older adults. Interestingly, the learnability performance reveals that the time to be-performed task for critical notification condition is longer than the time for non-critical condition during the first period of technology use (1.5 months). Thus, the older participants have given more processing time for critical notifications as expected, considering the potential consequence for the participant. In other words, the critical and non-critical notifications are accurately distinguished by the participants and thus, they are processed according to their nature [Lindenberger *et al.*, 2008]. The increasing practice of the system allows the user to automate the process, resulting in an equivalent handling time for both notification types, after three months. This is even more evident when considering that critical notifications require more time to be handled by the participants since an action has to be taken in the environment.

Furthermore, our results highlight a better acceptance for users with poor cognitive resources, particularly regarding ergonomics and hedonism. Thus, it seems that this platform effectively matches older users' needs by offering services assisting cognitive decline [Fisk *et al.*, 2012] (*e.g.*, entry door monitoring or appointment reminders).

Concerning sensory abilities, we observe a lower acceptance for users with diminished sensory abilities, particularly for the dimensions of appealingness and social influence. This result could be explained by the fact that our platform uses multi-modal notifications (*i.e.*, tone, text, specific colors and shapes). This approach could discourage users with a visual and/or auditory decline from adopting the technology.

To the best of our knowledge, there is no study aiming at scaling up assistive services by unifying notifications. Furthermore, there is no study measuring the effectiveness and learnability of a user interface that operates a range of assistive services in an ecological setting. Such study provides insights on how to increase the number of assistive services, without increasing their cognitive cost. More globally, our work provides some of the first empirical evidence that an assisted living platform can range over the domains of assisted living, without overwhelming older adult users [Scherer, 2012], as shown by our results on user acceptance and satisfaction.

The design of our notification system has leveraged the literature on notifications (e.g., [Vastenburg *et al.*, 2009; McCrickard *et al.*, 2003c]) and the design principles and guidelines for technology when targeting older adults [Fisk *et al.*, 2012]. As well, we have taken into account the specificities of older adults related to their susceptibility to stimuli [Wetherell *et al.*, 2002], the cognitive cost of technology [Chen et Chan, 2014], and a suitable model to measure their acceptance of technology [Hassenzahl, 2004; Chen et Chan, 2014].

Limitations

Notifications are simple and may appear as lacking expressiveness. An analogy could be drawn between these notifications and text messages on a cell phone. Although this analogy oversimplifies our approach, it captures the idea that we provide a way for a variety of assistive services to deliver uniform messages to the user. This is a powerful medium to support independent living of a declining older adult without overwhelming them. Still, we are continuing the analysis of existing and new services to determine how wide a range of assistive services can be captured by our notion of notifications, and whether and how they could be enriched without incurring a cognitive cost.

Task-specific interactions are not studied. Our goal was to concentrate on the interactions that matched a common pattern, which was recurring in the usage of assistive services. Our participants accepted the way interactions of assistive services are structured as a result of our proposed decomposition. In any case, we plan to further analyze task-specific interactions using domain engineering, from software engineering, by identifying their commonalities and variabilities.

Notifications are only implemented for tablets. We have not yet explored our approach beyond tablets. In our platform, this device is stationary and always on, ready to deliver notifications. This may have been reassuring for our participants because when hearing the tone of a notification, they knew where to go to handle it. Using a TV is more difficult because it is not always one. If the platform were able to turn it on, it could be disturbing for the user.

Perspectives

Towards a methodology to design notifications for older adults. When developing assistive services, we examined existing assistive systems and the wide range of design strategies

7.2. UN SYSTÈME DE NOTIFICATION UNIFIÉ POUR PASSER À L'ÉCHELLE LES TECHNOLOGIES D'ASSISTANCE

adopted by other developers regarding notifications. When notifications are recurring, this diversity gets the user confused or/and frustrated. Our approach is a step towards enabling the developer of an assistive service to use our approach as a methodology to define the notifications. The API offers a layer that abstracts over some of the implementation requirements of interacting with an older adult users (auditory, visual). We want to explore this issue further. In particular, we would like to conduct a study that consists of comparing the development of assistive services, with and without our approach.

Enriching notifications. When analyzing existing assistive services, we identified a need for a notification that would inform the user about the progression of a task being performed. This could be used in multi-step tasks, such as taking pills, personal care, and meal preparation. Typically, this information could be delivered visually as a progress bar. The application monitoring the task could use an extended API to provide the user with a feedback, whenever a notification with the environment is detected via sensors.

Leveraging the simplicity of notifications. There is a range of users that could benefit from the simplicity and homogeneity of notifications. This includes users with intellectual deficiencies, age-related neuro-degenerative diseases (e.g., Alzheimer, Parkinson) and neurological disorders (e.g., traumatic brain injuries, cerebral vascular diseases). In the coming months, we are initiating a project aimed at providing an assisted living platform for adults with Down syndrome.

7.2.7 Conclusions

In this paper, we presented an approach to scaling up assistive services and address the increasingly many needs of older adults with cognitive decline. Our approach consists of decomposing the user interactions of assistive services into two categories : notifications and task specific. We observe that notifications are often the recurring interactions and they can be homogenized to lower the cognitive cost of assistive services. We propose an API to implement notifications in assistive services. We validate our approach by applying it to a range of existing and new assistive services.

Our approach is implemented in an assisted living platform. Notifications are supported by a tablet. This platform has been deployed at the home of 15 older adults. A six-month study has shown the effectiveness and learnability of the notification system of our platform, irrespective of the cognitive and sensory resources of the users. Additional results showed that our assisted living platform has achieved high user acceptance and satisfaction.

7.3 Etude 5. Conception d'une plateforme d'assistance domiciliaire basée sur la théorie de l'auto-détermination

Cet article [Dupuy *et al.*, 2016] a été récemment publié dans le journal *Computer and Human Behaviors*. Il a également fait l'objet d'une communication orale lors des Journées d'Etudes du Vieillissement cognitif 2016 (Bordeaux, France).

Title. Self Determination-Based Design To Achieve Acceptance of Assisted Living Technologies For Older Adults

Authors. Lucile Dupuy, Charles Consel, Hélène Sauzéon

Keywords. Gerontechnologies, User-centered design process, Self-determination

Abstract. Providing technological support to assist older adults in their daily activities is a promising approach to aging in place. However, acceptance is critical when technologies are embedded in the user's life. Recently, Lee *et al.* established a connection between acceptance and motivation. They approached motivation via the *Self-Determination Theory* (SDT) : the capacity to make choices and to take decisions.

This paper leverages SDT to promote a new design style for gerontechnologies that consists of principles and requirements. We applied our approach to develop an assisted living platform, which was used to conduct a six-month field study with 34 older adults. We show that self-determination is a determining factor of technology acceptance. Furthermore, our platform improved the self-determination of equipped participants, compared to the control group, suggesting that our approach is effective. As such, SDT opens up new opportunities for improving the design process of gerontechnologies.



7.3.1 Introduction

The demographic context outlined by the World Health Organization (WHO) shows an increase in the population of older people and an increase in life expectancy. Supporting aging in place is a critical challenge for aging population countries, creating a tremendous interest in gerontechnologies. These technologies are dedicated to evaluate, monitor, and/or compensate the difficulties related to aging that may compromise an autonomous and independent living [Pollack, 2005]. They form an environmental support, which promotes the

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

adaptation and well-being of older adults in their home [Morrow et Rogers, 2008; Mokhtari *et al.*, 2012].

Technology designers and HCI researchers have made considerable efforts to design and develop systems that respond better to the needs and specific characteristics of the older user [Fisk *et al.*, 2012; Charness *et al.*, 2011; Lindley *et al.*, 2008; McGee-lennon *et al.*, 2011; Arreola *et al.*, 2014]. For example, the perceptive, motor and cognitive capabilities of the older user have been the subject of significant attention in the design approaches used for gerontechnologies (e.g., [Rogers et Fisk, 2010]). Even though Human Factors and Psychology of Aging have improved the usability of the proposed solutions and contributed to their acceptance by older adults, long term adoption is still a challenge for gerontechnologies [Hernández-Encuentra *et al.*, 2009; Rogers et Fisk, 2010; Durick *et al.*, 2013].

To address this challenge, we propose to leverage user motivation, via the self-determination theory (SDT), to achieve technology acceptance. Self-determination is more than an ethical principle ; it is grounded in health psychology research and establishes a direct link between self-determination and quality of life/well-being of the older adult [O'Connor et Vallerand, 1994; Thomas *et al.*, 2011]. Specifically, the more a person perceives themselves as being self-determined (rather than externally controlled), the more their health and quality of life increase. More specifically, the more an individual's environment supports self-determination, the more this dimension increases, resulting in improved well-being [O'Connor et Vallerand, 1994].

From the perspective of user-centered design [Newell *et al.*, 2011; Clarkson *et al.*, 2013; Rogers et Fisk, 2010], self-determination is increasingly used to explain the motivational aspects of users (e.g., attitudinal, emotional) for designing and evaluating technologies. Specifically, the relationship between self-determination and technology acceptance and technology uses in young adults has been established. Lee *et al.* [Lee *et al.*, 2015] found that when technology supports self-determination, it positively impacts technology acceptance. Furthermore, Przybylski *et al.* explored how digital games fulfill or thwart self-determination needs, and thus promote or discourage sustained engagement and either positive or negative outcomes for players [Przybylski *et al.*, 2010]. Recent studies show similar results for acceptance and continuance use intention of e-learning systems for children and young adults [Ford *et al.*, 2012; Chen et Jang, 2010; Roca et Gagné, 2008]. Surprisingly, to the best of our knowledge, there is no study investigating the self-determination model in the context of gerontechnologies.

This paper makes the following contributions.

1. We leverage SDT for assisted living technologies dedicated to older adults. We promote self-determination dimensions as an intrinsic part for the design of gerontechnologies
2. We put SDT dimensions into practice for the development of an assisted living platform for older adults.
3. We conduct a field study to demonstrate that SDT dimensions effectively support self-

determination of an individual's environment, improving their self-determination performance.

4. We evaluate the impact of self-determination as a determining factor for technology acceptance in older adults.

7.3.2 Related Work

Designing gerontechnologies

Although the user is a central concern in HCI research, the field of gerontechnologies is still dominated by technology-centered approaches [Preece *et al.*, 2015; Durick *et al.*, 2013; Vines *et al.*, 2015]. According to the literature review done by Durick *et al.* [Durick *et al.*, 2013], this is due in part to the aging stereotypes of designers and researchers that mistakenly ignore the variabilities in aging. They view an older adult as passively aging, unable to actively manage this process to maintain their daily functioning and well-being. This vision contradicts WHO that promotes, since 2002, active aging, the bio-cultural theory, and the Selection-Optimization-Compensation model of aging proposed by Baltes *et al.* [Baltes *et al.*, 1999]. When these aging stereotypes are carried into the design, they create a mismatch between the technology and the end user [Sengers et Gaver, 2006; Durick *et al.*, 2013] with two main concerns :

1. *Unmet needs.* The technologies developed by designers mainly target the compensation for the loss of an ability due to aging. But in fact, older adults expect technologies to support or optimize the behavioral adaptations they have willingly developed to maintain their daily functioning. This situation makes it difficult for gerontechnologies to attract potential users. Conceptually, technology should be designed by leveraging the spare abilities of older adults, rather than focusing on restoring their declining abilities. Such an approach is promoted by Wobbrock *et al.* for users with impairments and referred to as ability-based design paradigm [Wobbrock *et al.*, 2011]. As a result, a technology leveraging and respecting spared adaptative capabilities would be empowering and thus motivating for the older user.
2. *Unsatisfactory experience.* Often, the purpose and functionalities of gerontechnologies are driven by the needs and requirements of their social and caregiving environments. Even when participatory design has been used, the contributions may not reflect the variabilities of the needs of this population. When older adults acquire gerontechnologies, their functionalities may not match their intrinsic motivations and expected benefits. Their approach and experience with gerontechnologies do not lead them to pursue the use of technologies for their own sake or inherent satisfaction. Consequently, there is a lack of sustained engagement from older users in using gerontechnologies ; they end up finding them useless, stigmatizing, and cumbersome. This situation hinders their long term adoption. As a result, a technology with self-decided services would be engaging for the older user.

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

Recently, Chen and Chan [Chen et Chan, 2014] have provided overall evidence of these problems by focusing on the relationship between acceptance and the usage of gerontechnologies in older adults, according to the Technology Acceptance Model (TAM) [Davis, 1989]. Specifically, TAM exhibits two critical attitudinal factors in explaining acceptance and usage of technology : perceived usefulness – “the degree to which a person believes that using the particular technology would enhance his/her performance” – and perceived ease of use – “the extent to which a person believes that using a technology is free of effort”. Based on a study involving 1012 seniors, Chen and Chan demonstrated that technology acceptance and usage behavior in elderly people are predicted by user characteristics (age, education, gerontechnology related self-efficacy and anxiety, and health deficiencies) and environmental factors (accessibility, assistance and guidance), rather than attitudinal factors (perceived usefulness and ease of use) [Chen et Chan, 2014].

In the Human Factors community, it is only recently that a book summarizing a series of recommendations for the design of gerontechnological systems was published [Charness *et al.*, 2011] (see also [Scherer, 2012]). These recommendations give a basis to formulate requirements for designing interfaces (hardware and software) and instructional supports dedicated to the characteristics of the older user, such as vision, hearing, cognition, motor performance and the attitudinal aspects.

The HCI and Human Factors communities have been proposing design techniques to address user characteristics and environmental factors. These techniques include *user-centered* and *participatory design*; they actively involve users in the design process for a clear understanding of technology and user requirements. This participatory design takes the form of focus groups, scenario building, idea writing and sketching, and mock-ups [Newell *et al.*, 2011; Demirebilek et Demirkan, 2004; Vredenburg *et al.*, 2002]. However, a potential limitation reported on these techniques is the lack of generality of the results because they often involve small sets of users, not necessarily representative of the target population [Newell *et al.*, 2011; Mackay, 2004]. This concern is even more pronounced in the context of older adults, where a wide inter-individual variabilities have been reported [Lindenberger *et al.*, 2008].

To circumvent these limitations, gerontechnologies need to target a specific segment of older adults to delimit a range of inter-individual variabilities. Participatory design can then solicit participants that are representative of the target segment. Furthermore, gerontechnologies need to provide a mechanism that allows it to address the spectrum of needs within the target segment. Specifically, just as a clinical intervention needs to be personalized for every individual to be effective [Amieva *et al.*, 2015], a gerontechnology also needs to be customized with respect to each user profile.

The above-mentioned works do not specifically address the intrinsic motivations of older adults as a means to accept technologies, thus supporting active aging. We propose to introduce the concept of self-determination as a *guide and constraint* to the design process of gerontechnologies. As a result, we expect on the one hand to enhance acceptance and user experience, and on the other hand to increase self-determination, and thus well-being of the

older user. In other words, our main assumption is that technology acceptance in older adults is critically related to a specific attitudinal factor, namely, the perceived self-determination elicited by the technology.

Designing For The Self-Determination Theory

The self-determination concept is a modern principle related to the Self-Determination Theory (SDT). Historically, the term self-determination was employed in the context of disability and refers to the “right” to have control in one’s own life. A second usage of the term appeared in the literature of *motivation*, with SDT framework of Deci and Ryan [Deci et Ryan, 1985; Ryan et Deci, 2000]. They define self-determination as the human’s internal motivation to engage in activities for which there are no obvious external rewards. As such, an individual is self-motivated in an activity, if it fulfills three needs : (a) the need for competence ; (b) the need for relatedness ; and (c) the need for autonomy. At the core of this psychological theory lies the hypothesis that any individual possesses innately the motivation for self development and self realization. Importantly, the satisfaction of the needs for self-determination is a relevant condition for psychological well-being, particularly for older adults [Kasser et Ryan, 1999; Sheldon et Niemiec, 2006]. SDT has successfully guided research on intrinsic motivation in a variety of domains, including sports, education, and health [Ryan, 2009]. More recently, studies have demonstrated that technology acceptance as well as technology usage behavior are closely related to the perception of self-determination elicited by the technology. Such findings are highlighted in various domains such as education [Ford *et al.*, 2012; Chen et Jang, 2010; Roca et Gagné, 2008], game playing but also in rehabilitation of cognitively impaired persons [Caouette *et al.*, 2015; Wehmeyer, 2005]. In this line of research, some authors have claimed that self-determination deserves consideration in understanding of technology acceptance in older adults [Oppenauer, 2009] as well as in cognitively disabled people [Stock *et al.*, 2011].

Wehmeyer *et al.* applies SDT to the domain of education and rehabilitation [Wehmeyer, 1995]. In this theoretical framework, self-determination has educational and rehabilitation objectives ; it has to be considered (a) in relationship to the characteristics of a person’s behavior, (b) an educational and rehabilitation outcome, and (c) in constant evolution through lifelong experiences. According to this model, a behavior is self-determined, if the individual’s action reflects four essential characteristics : (1) the individual acts autonomously ; (2) the behavior is self-regulated ; (3) the person acts in a “psychologically empowered” manner ; and (4) the person acts in a self-realizing manner. By satisfying their needs for self-determination, an individual improves their health and well-being [Wehmeyer, 2005]. In particular, the more self-determined behaviors are reduced for an older adult, the more their well-being are diminished [Hellström et Sarvimäki, 2007].

Self-determined behaviors are improved when actions related to the four self-determination dimensions are reinforced [Wehmeyer, 2005] :

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

[SDT1] – *Behavioral autonomy*. The person acts according to their own preferences, interests and abilities.

[SDT2] – *Self-regulation*. The person initiates and reacts to events according to their own ability to act on the environment and to anticipate the results.

[SDT3] – *Self-realization*. The person knows their strengths and limitations to act in an appropriate way.

[SDT4] – *Psychological empowerment*. The person is confident in their ability to impact their environment (internalization of the *locus of control* [Weiner *et al.*, 1972]).

These four dimensions refer to a set of capabilities and a set attitudes, required for an individual to be self-determined. Specifically, self-determination capabilities correspond to SDT1 and SDT2, and self-determination attitudes consist of SDT3 and SDT4 [Wehmeyer, 2005]. Scales have been built to assess the four dimensions of self-determination (e.g., LA-RIDI for adults [Wehmeyer *et al.*, 2001]). We aim to use such scale to determine what is the impact of an SDT-based technology on the self-determination capabilities and attitudes of an individual.

Interestingly, self-determination means a motivational process where satisfaction comes primarily from the pleasure of setting up an activity rather than its outcome [Ryan *et Deci*, 2000]. Therefore, a self-determined activity is not necessarily one that is successful or one that is delivered with high performance. Instead, it is a meaningful activity that brings satisfaction to an individual. Consequently, gerontechnologies should first address the activities that are meaningful for an individual and not those that are significant for the social environment [Lindley *et al.*, 2008]. This idea is captured by the first dimension of SDT, namely, behavioral autonomy. This dimension becomes even more meaningful since aging is characterized by continual changes in the interests and preoccupations of the individual (e.g., [Mitzner *et al.*, 2013]). Instead of efficiency, comfort and safety, this dimension promotes gerontechnologies as a means to address the meaningful activities for an individual. This is instrumental to guarantee technology acceptance and empowering user experience.

As an example of the SDT dimensions, consider the recurring concern of older adults regarding aging in place. This concern becomes increasingly critical as the person ages (over 80 years old) because of significant functional losses (*behavioral autonomy*) [Mitzner *et al.*, 2013]. Together with this growing concern, the older adult introduces a routinization of their activities to maintain their domestic autonomy (*self-regulation*) [Bouisson, 2002]. This routinization is an adaptive response made by the individual on the basis of their awareness of their capabilities (*self-realization*). Also, a byproduct of this routinization is that the older adult retains control over their environment, and a confidence in being capable of staying in their home (*psychological empowerment*) [Lindenberger *et al.*, 2008].

If the designers of gerontechnologies is to adhere to the self-determination approach, these technologies are to be designed in a way that matches the self-adaptive functioning of the declining older adult. In this context, SDT dimensions can be reformulated as objectives realized by the gerontechnologies (see Figure 7.10). This reformulation is as follows.

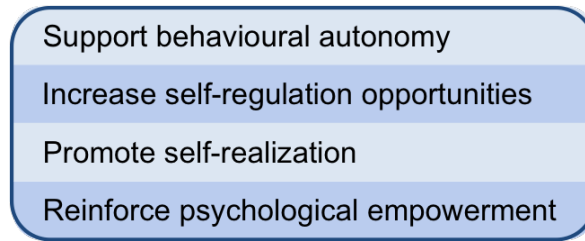


FIGURE 7.10– Design objectives related to Self-Determination

1. *Support behavioral autonomy.* Ensure that the technology addresses an activity meaningful for the person and that the proposed assistance is adequate in that it matches the person's capabilities and expectations.
2. *Increase self-regulation opportunities.* Enable the person to be in situations where they can take decisions and solve problems by themselves, implementing their own adapted behaviors.
3. *Promote self-realization.* Increase the awareness of oneself and of their capabilities to carry out their personal projects.
4. *Reinforce psychological empowerment.* Reinforce the individual's perception of being in control of their environment and avoid any form of stigmatization about aging in using technology.

7.3.3 Application of SDT Dimensions : The SDT-Assisted Living Technology

Using our SDT design requirements, we have developed an assisted living platform dedicated to older adults, in collaboration with caregiving organizations. In particular, we targeted users aged 80 years old on average, living alone, and cognitively healthy. Indeed, this target population exhibits age-related decline that threatens their independent living. For example, in France, 15% of older adults over 85 years live in nursing homes.

We developed assistive applications based on a needs analysis that revealed specific needs in terms of reassurance, concerning the functioning of daily activities at home (preparing a meal, personal care, dressing, *etc.*) [Aguilova *et al.*, 2014]. These applications leverage a range of devices (*e.g.*, motion detectors, contact sensors, smart switches) and software components (*e.g.*, calendar, photo album, address book). Interactions between the user and the assistive applications revolve around a tablet, which is stationary, plugged, and located at a central location in the user's home. These interactions leverage an approach proposed by Consel *et al.* [Consel *et al.*, 2015] that allow assistive applications to be scaled up using a unifying notification system [Caroux *et al.*, 2014].

[SDT1] – Behavioral Autonomy

Variability and evolution of tasks of interest. We introduced an online catalog (similar to an AppStore) to allow an older adult or their caregiver to install assistive applications (see Figure 8.1).



FIGURE 7.11– Examples of assistive apps from our catalog

Each application of the catalog refers to a specific task. An online catalog allows the assistive support to evolve with the user : a new app can be installed (new need) or deleted (need disappears). For example, Mrs X requested help with her meals and personal care, but not for getting up from/going to bed. Consequently, only the “Meals” and “Personal Care” apps were installed. On the other hand, Mrs Y asked for assistance with her meals and getting from/going to bed. She was thus installed the “Meals” and “Getting from/Going to bed” apps. After a while, Mrs X became more dependant, and needed to be assisted to get dressed, and a nurse came every day to help with personal care. As a result, the “Dressing” app was installed and the “Personal Care” was uninstalled.

Accessible interface. Regardless of the app installed, interactions are carried out via a touch-screen tablet. Such device is known to be easy to use by the older adult (e.g., [Findlater *et al.*, 2013]). The accessibility of the interface is ensured by the tablet, which acts as a dashboard, receiving and displaying assistance notifications from assistive apps, according to Consel *et al.*'s approach. Furthermore, interactions are simplified : the user is required a maximum of two screen touches to perform a task from the platform's dashboard (see Figure 7.12).

The format of the messages is systematically defined according to the standards relative to the perceptive and cognitive capacities of the older adult [for Standardization, 2007, 2008]. However, it can be changed according to the specific capabilities of the person.

Non-disruptiveness of the physical and social environment. To avoid changing the older adult's home environment, our platform relies on small unobtrusive devices (tablet, motion detectors, contact sensors and electric meters) (see Figure 7.13).

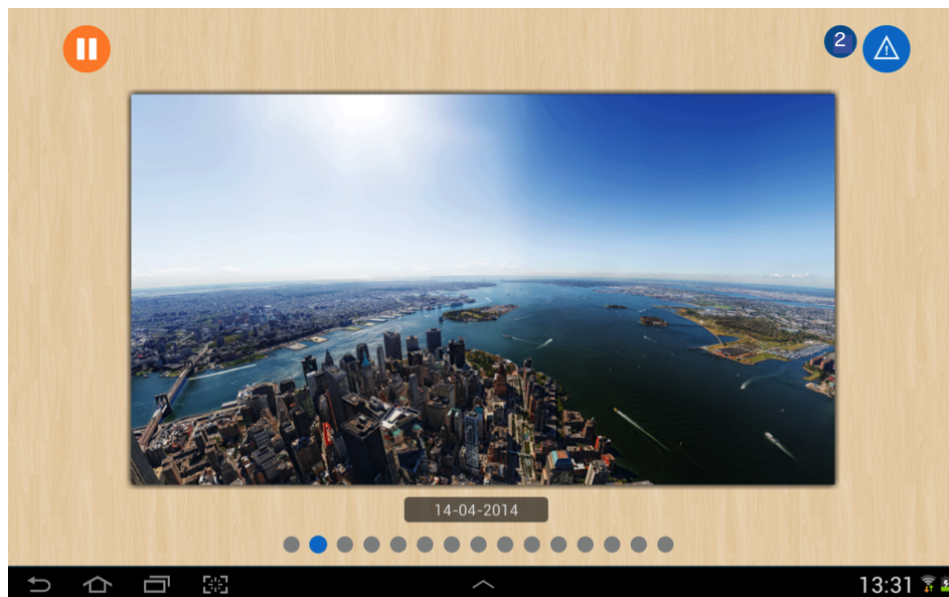


FIGURE 7.12– Snapshot of the platform's dashboard

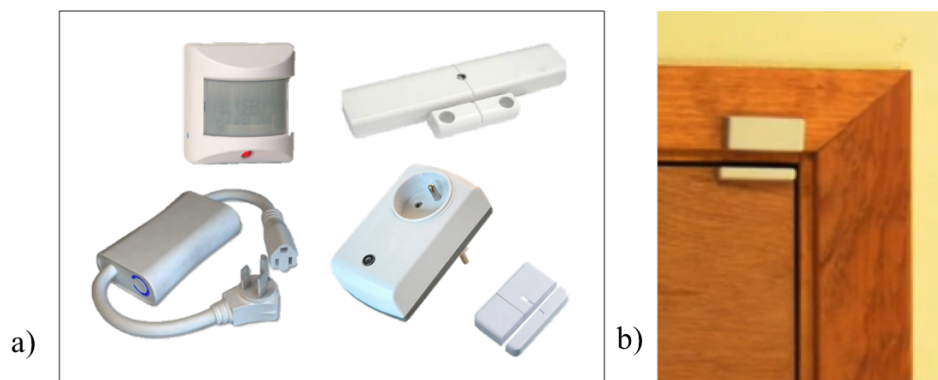


FIGURE 7.13– Examples of devices equipping our participants' home

To minimize the changes to the user's physical environment, mock (paper-based) devices are placed in the participant's home for two weeks before the actual devices are installed. This approach allows their locations to be adjusted with respect to the user's preferences by an occupational therapist of our study during their visits.

Regarding the social environment, the tablet-based dashboard turns into a digital photo frame when it is idle (no notification), as illustrated in Figure 7.12. Photos can be uploaded by the older adult's family and friends. Alternatively, photos can be uploaded automatically according to the person's interests (*e.g.*, flowers, landscapes). This approach creates an involvement of the user's social environment and contributes to reducing the stigmatizing

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

effect of assistive technology.

[SDT2] – Self-Regulation

Increased adaptive behaviors. The adaptive routinization of activities at home is specific to every older adult [Bouisson, 2002]. As a result, each activity is monitored by personalizing the positioning of the devices according to the person's routine. This routine is sketched by the user and observed by an occupational therapist. For example, Mrs X's breakfast consists of toasts, orange juice and a yogurt, while Mrs Y is just having a coffee. For Mrs X, the appropriate locations for the sensors are the toaster and the fridge, while for Mrs Y only the coffee machine needs to be connected to a sensor to supply environment interactions to the "Breakfast" app. This methodology is taken from the work of Caroux *et al.* [Caroux *et al.*, 2014]. As can be noticed, this approach is not disruptive for the older adult. Instead, it checks the appropriate functioning of the user's routine.

Increased decision making. As a person's needs for help are always contextual, sensors are used to give the apps context-specific information (e.g., [Logan *et al.*, 2007; Caroux *et al.*, 2014]). The monitoring and the assistance are therefore always contextualized by the user's activity : the older adult is therefore the causal agent for the assistance. For example, the reminder about an activity on the digital dashboard only appears if the activity has not been done according to a pre-defined routine (and schedule). For another example, a lighted path is activated at night only because the user has turned on their bedside light. The actions of the assistance system are therefore not automated (as proposed by Stawarz *et al.* [Stawarz *et al.*, 2014] for example) but determined by the person's own activity. By letting the technology be guided by the self-determined activity of the person, it will only react according to the person's command. As such, the technology supports the older adult's self-determination.

User-centered interactions. The conditions for delivering assistance notifications on the dashboard are specific to each user. Applications can be configured so that the user can set a time and a delay after which to remind him/her of an activity or a task that should have occurred according to their routine. Specifically, we ask the user how long passed a given time, they should be notified that an activity has not occurred. According to the importance scale of the user, a critical event (absence of activity in the home, opening of a door at night) is signaled on the digital dashboard and/or a caregiver is alerted by SMS or/and by e-mail (Figure 7.14).

[SDT3] – Self-Realization

The system gives feedback to the user on how daily routines have been performed in the form of an overall report : a smiley-face emoticon signals that the routines have been completed (> 75 % of the planned activities) ; a neutral emoticon indicates a medium per-

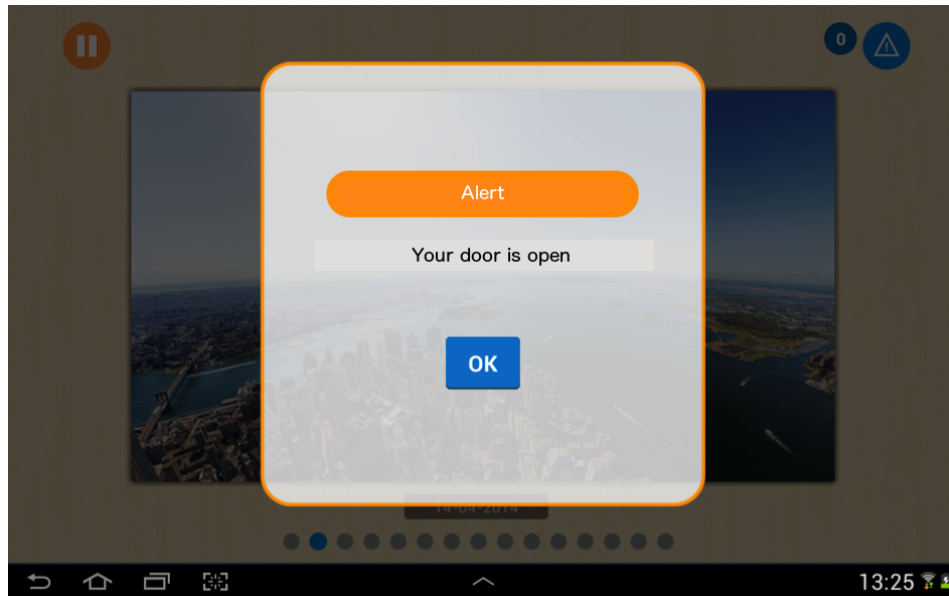


FIGURE 7.14– Snapshot for a critical event directly signaled to the user

formance (between 50 and 75% of the planned activities) ; and a sad face emoticon indicates a low performance (< 50% of the planned activities). Note that this type of activity report is also being promoted for the connected pillbox proposed by Lee and Dey [Lee et Dey, 2014]. This report keeps the user aware of their abilities to perform their daily routines, and thereby enhance their understanding of their abilities. As such, this feedback improves self-realization.

[SDT4] – Psychological Empowerment

As proposed by Caine *et al.* [Caine *et al.*, 2010] with Digiswitch, we are giving the user the ability to control the system by pausing it (Figure 7.15). If the user have guests, for example, the system can be paused during different lengths of time (one hour, six hours, one day). In doing so, the older user can preserve their privacy, which is a well-known obstacle to technology adoption [Caine *et al.*, 2010]. Our experience in the field has confirmed the importance for the user of being able to control the platform and to feel that they manages their assistance.

Because older people are more accustomed to paper-based support, we provided them with a concise manual on our platform and assistive apps using this medium (*e.g.*, [Czaja et Sharit, 2012]). This manual reinforces the user's understanding of the technology and thus their control over the system. Additionally, the older user as well as a caregiver, benefit from training sessions on how to use the technology. Finally, there is a 24/7 help desk support.

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

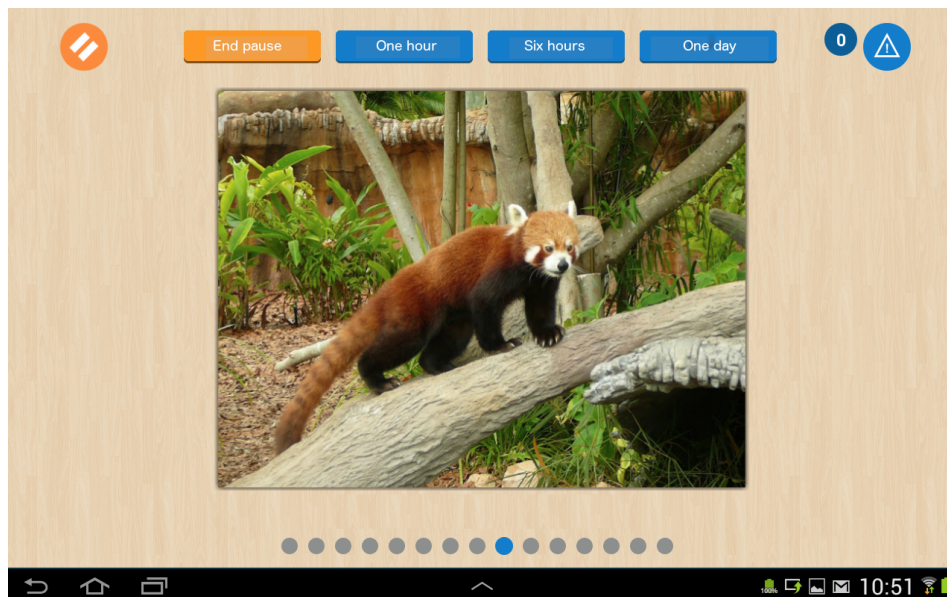


FIGURE 7.15– Snapshot showing the possibilities for pausing the assistance. The pause button is visible on the top of the screen.

7.3.4 Description of the field study

In this section, we present a field study aimed to evaluate the impact of our SDT-based platform on the participants' self-determination and the resulting acceptance and user experience. Our assisted living platform was deployed in the house of 17 community-dwelling older adults (see below) for a 6-month period. We also recruited 17 older adults to form a control group. The first objective of the study was to evaluate whether our SDT-based platform changes the self-determination performance of our equipped participants. To do so, we measured the self-determination impact of the platform on the equipped participants, compared to the non-equipped ones. The second objective was to examine whether the initial self-determination performance of our equipped participants is related to their acceptance and user experience of our platform.

Note that the ecological nature of our field deployment requires a cautious approach considering that our participants are old older adults (82 years old on average). The assisted living platform manages potentially critical situations (e.g., door alert) that preclude the use of an intentionally unsuited design approach considering the frailty of our participants. Indeed, deploying an unsuited platform to achieve a control condition for an experimental setup could have had deleterious consequences for the participants [Wetherell *et al.*, 2002]. This situation would rightfully raise serious concerns from an ethical committee.

7.3.5 Evaluation of an SDT-based assisted living platform with a field study

To study the improvement of self-determination when using our platform, we performed a field deployment in the home of 17 community-dwelling older adults during a six-months study. We first describe our participants, then we detail our measures, and finally we present our experimental results.

Participants

We recruited 34 community-dwelling, old older adults (see Table 7.7). This was done in collaboration with a public home care service for older adults. We selected participants that live alone in their apartment or house, and are cognitively healthy. This choice addressed four concerns. First, this situation simplifies the design space of most assistive applications (e.g., no user-sensitive context). Second, assistive applications can be customized with respect to a unique user, contributing further to user acceptance and satisfaction. Third, as reported in the literature [Logan *et al.*, 2007], having multiple occupants in a home introduces sources of errors when monitoring activities. In turn, this situation has a negative effects on assistive applications that are context sensitive, such as the activity reminder. A final concern is that older adults living in couple are most of the time assisted by their spouse, and thus are less prompt to request for assistance.

The equipped and control groups of participants were matched according to their age, gender, cognitive status (measured by Mini-Mental State Examination, MMSE) [Folstein *et al.*, 1975], perceived well-being and health (assessed by the physical and mental SF-36) [Ware Jr et Sherbourne, 1992]. Furthermore, we assessed subjects' personality with the Locus of Control subscales of the PIC (Personality in Intellectual Aging Context) [Lachman, 1986; Levenson, 1981]. These scales estimate the elderly's sense of control in performing everyday activities (e.g., "my problem solving ability depends on how healthy I am") with three dimensions : Powerful others, Internal, Chance. Responses are scored on a 6-point Lickert scale ranging from 6 (strongly agree) to 1 (strongly disagree). In an effort to reduce the participants' burden, the PIC was shortened, the resulting instrument reduced each dimension from 12 to 8 items. Thus, each dimension was scored from 8 to 48, higher scores indicating greater beliefs in internal/chance/other control of one's capabilities. Globally, Table 7.7 shows that both groups are equivalent in their beliefs.

Measures

Two questionnaires were developed to measure self-determination performance and user acceptance.

Self-determination. For self-determination performance, we used the Arc's Self-Determination Scale [Wehmeyer, 1999]. This questionnaire was administered to both

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

Participants	Equipped group <i>Mean (SD)</i>	Control group <i>Mean (SD)</i>	Group comparison
Age	81.00 (6.42)	83.18 (6.37)	p > .300
Gender	4 males	5 males	
MMSE [0,30]	27.81 (1.51)	27.70 (2.20)	p > .800
Physical SF-36 [0,100]	60.07 (24.51)	52.30 (21.61)	p > .300
Mental SF-36 [0,100]	70.27 (19.61)	69.22 (19.66)	p > .800
PIC Internal [1,48]	37.76 (6.41)	37.59 (6.16)	p > .900
PIC Chance [1,48]	29.47 (5.18)	31.73 (7.50)	p > .300
PIC Powerful Others [1,48]	15.71 (7.45)	16.56 (6.95)	p > .700

SD=Standard Deviation

Tableau 7.7– Participant profiles

the control and equipped groups ; this was done twice during the study : 1) on the first day of the technology deployment, and 2) after 6 months of using the platform (these two stages are noted T_0 and T_6 , respectively).

The Arc's Self-Determination Scale 72-item scale is composed by four dimensions : section I measures autonomy (32 items), section II measures self-regulation (9 items). The third section assesses psychological empowerment (15 items) and the last section measures self-realization, including self-awareness and self-knowledge (14 items). However, several items of this scale were excluded because of their inappropriateness with respect to the topic of our study (in particular, items related to working conditions). The 55-selected items can be found in Section 7.3.9.

Our final scale was composed by 55 items, including 26 items for measuring autonomy, 4 items for self-regulation, 10 items for empowerment and 15 items for self-realization. The items are scored the same way as the original Arc's scale, where a higher score indicates a better self-determination performance. All raw scores were mapped into percentages.

User Acceptance. The user acceptance questionnaire was only administered to the equipped group, after six months of platform usage. This questionnaire is inspired by an existing online tool proposed by Hassenzahl [Hassenzahl, 2004].⁸ This measurement tool decomposes acceptance into five dimensions : ergonomic quality, hedonic quality, appealingness, anxiety and safety perception, and social influence. Answers to the questionnaire range over a scale of 7 points, from -3 to 3, including two antonyms (e.g., nervous/relaxed). Each acceptance dimension of the questionnaire consists of 6 items. The global score (from -3 to 3) is computed by averaging the scores of the answers collected for the questionnaire. High acceptance is denoted by a high score.

Importantly, we did not use the Technology Acceptance Model (TAM) that stresses the

8. <http://attrakdiff.de>

perceived usefulness and perceived ease of use as the main attitudinal factors towards technology acceptance [Davis, 1989; Venkatesh *et al.*, 2003]. Indeed, recall that Chen and Chan demonstrated that technology acceptance is predicted by user characteristics, rather than attitudinal factors [Chen et Chan, 2014]. As a result, we decided to measure user acceptance beyond the two main attitudinal factors of TAM, including dimensions related to user experience using Hassenzahl's tool [Hassenzahl, 2004].

Statistical Analysis

Several statistical analyses were performed according to the study objectives.

1. To evaluate whether our SDT-based platform changes the self-determination performance of our equipped participants. On the four self-determination scores (autonomy, self-regulation, empowerment and self-realization), we performed mixed MANOVAs with the following design : *time* as a within-subject independent factor with two levels (T_0 vs. T_6), *group* as a between-subject independent factor with two levels (equipped vs. control). A significant change over time in self-determination performance for the equipped group will be obtain if the two-way interaction effect (time*group) reaches the significance. In this case, mixed ANOVA with the same factor design was performed on each of the SD dimensions as a dependent measure. In other words, all these analyses aimed to exhibit the significance of the change of self-determination performance over time.
2. To assess the acceptance our SDT-based platform, the five dimensions of the Hassenzahl tool were submitted to a MANOVA analysis with the time factor as a within-subject independent factor. This analysis is followed by a Student t-test comparison for each dimension.
3. To examine whether the initial self-determination performance of our equipped participants is related to their acceptance and user experience of our platform, we performed a Bravais-Pearson correlation analysis between self-determination measures and acceptance measures.

Moreover, effect size (η^2) was measured for every analysis. All the statistical analysis were performed using SAS SPSS Statistics 20.

Results

Evolution of self-determination for equipped and non-equipped older users

Our results are summarized in Figure 7.16. Overall, our MANOVA analysis revealed that a positive change in self-determination performance of our equipped participants are significant over time, for the four dimensions [two-way interaction effect, $F(4,29)=2.72$, $p < .05$, $\eta^2=.277$]. No significant change was measured for the non-equipped participants.

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

Let us now examine each self-determination dimension. For autonomy, an interaction effect between time and group factor [$F(1,32) = 1.87$; $p > .100$, $\eta^2 = .055$] did not reach significance. Nevertheless, the examination of the means indicates that the equipped participants gained perceived autonomy over the six-month study, while perceived autonomy decreases for the control group. In contrast, for the self-regulation score, the two-way interaction effect was significant [$F(1,32) = 3.94$; $p = .05$; $\eta^2 = .109$]. The examination of the means indicates that the equipped participants gained perceived self-regulation over the six-month study, while perceived self-regulation remains unchanged for the control group. The same observation applies for the self-realization performance [$F(1,32) = 17.40$; $p < .01$; $\eta^2 = .222$]. Additionally, the two-way interaction effect is nearly obtained for the empowerment performance [$F(1,32) = 3.60$; $p = .06$; $\eta^2 = .101$]. The examination of the means reveals that the equipped participants gained perceived psychological empowerment over the six-month study, while perceived psychological empowerment decreases with time for the control group.

According to these results, we can see that the use of our platform has an impact on user's perceptions of self-determination ; this validates the design of our technology. However, even if self-determination is enhanced by this platform, it is important that the gerontechnology be accepted by the users. For this purpose, we studied the relationships between self-determination and technology acceptance within our equipped group.

Evolution of acceptance for equipped participants

Overall, acceptance scores at the beginning of the experiment, as well as at 6 months, are high and positive : they are all over 1 point. Acceptance scores at 6 months of use are presented in Figure 7.17. The MANOVA analysis revealed a significant effect of time [$F(5, 12) = 3.57$; $p < .05$; $\eta^2 = .598$]. The univariate ANOVA with time factor on each acceptance measure indicates the following significant results : the ergonomic value increases with time [$F(1, 16) = 4.69$; $p < .05$; $\eta^2 = .227$] ; the hedonic value increases with time [$F(1, 16) = 6.05$; $p < .03$; $\eta^2 = .275$]. The ANOVA's results fail to reach the significant threshold for the other dimensions.

Relationships between self-determination and technology acceptance

To highlight the relationships between self-determination and technology acceptance, we performed Bravais-Pearson inter-correlation between self-determination benefits and global acceptance benefits, across time. The self-determination benefits were determined as follows. We first summed the scores for all SD dimensions, for each time condition (total of SD at T_0 and total of SD at T_6) ; we then subtracted T_6 from T_0 ; finally, we compute a ratio by dividing the result of the subtraction by the sum of total SD dimensions at T_0 and T_6 . These calculations amount to the following formulae $\frac{Total(SD(T_6)) - Total(SD(T_0))}{Total(SD(T_0)) + Total(SD(T_6))}$. The resulting value allows us to assess how much proportional gain is measured for all SD dimensions. The same approach is applied to the acceptance score $\frac{Total(Accept(T_6)) - Total(Accept(T_0))}{Total(Accept(T_0)) + Total(Accept(T_6))}$. The correlation analysis indicated a high positive relationship between self-determination bene-

fits and acceptance benefits ($R = .50$; $p = .04$) ; the higher self-determination benefits get the better for technology acceptance.

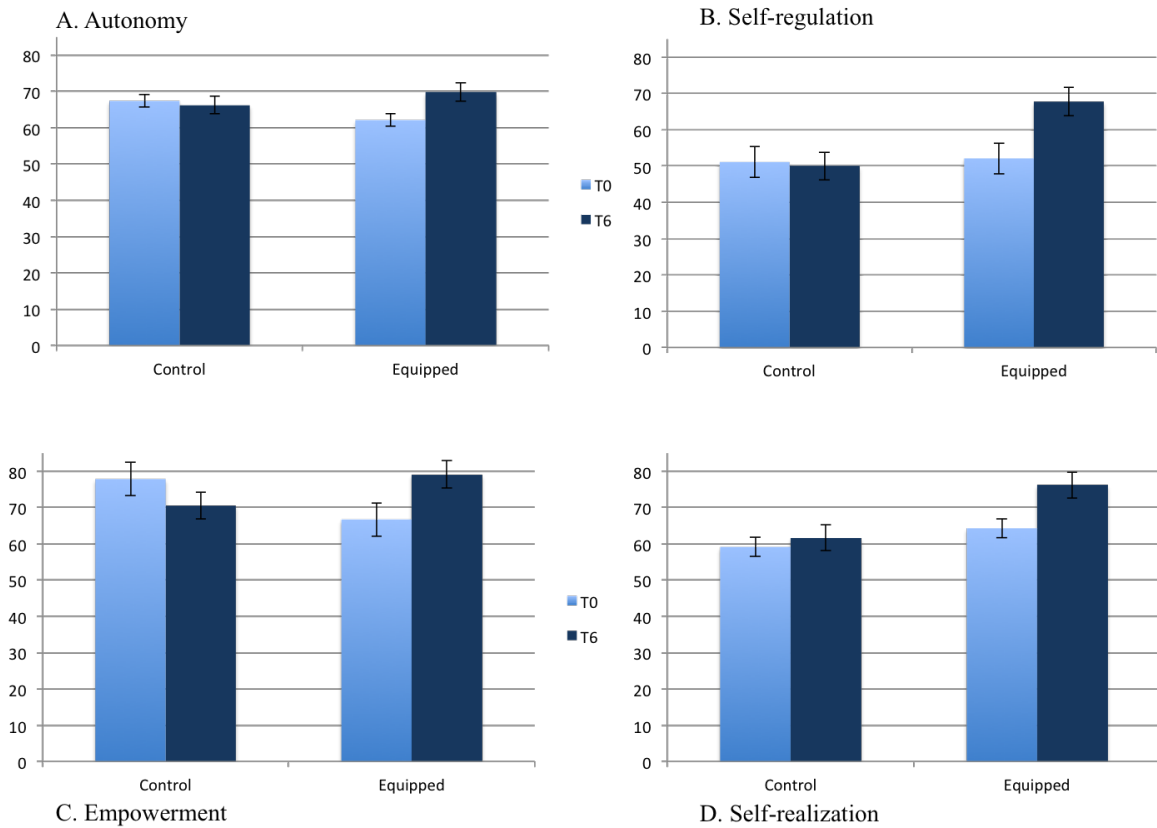


FIGURE 7.16– Evolution of self-determination dimensions (A. Autonomy ; B. Self-regulation ; C. Empowerment ; D. Self-realization) for equipped and control groups from T_0 (in pale blue) to T_6 (in dark blue)

7.3.6 Discussion

The goal of this paper was to promote SDT into the design of gerontechnologies. While classical Human Factors approaches revolve around age-related user changes (physical and cognitive functioning), SDT focuses on motivational factors to drive the design technologies. As such, SDT works in synergy with classical Human Factors approaches for promoting the human-centered approach into the design process.

In this work, we have explored the concept of self-determination towards improving the design process of gerontechnologies by proposing specific principles and requirements. We put this approach to practice by developing an assisted living platform. We conducted

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

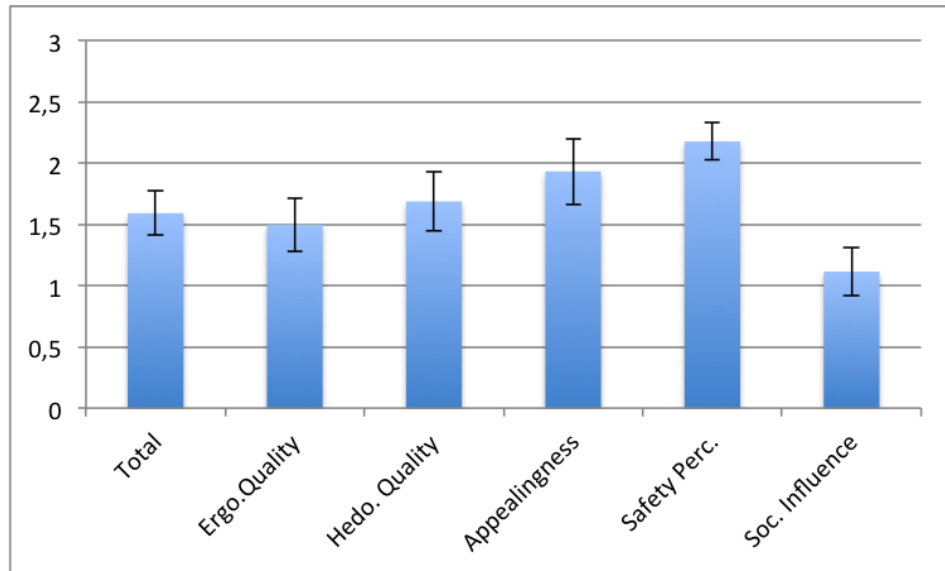


FIGURE 7.17– Acceptance self-reported scores at 6 months of use. The global score is presented on the left, followed by the scores for each dimension (*i.e.*, ergonomic quality, hedonic quality, appealingness, safety perception and social influence).

a six-month field study with 34 older adults to assess the platform impact on their self-determination and the resulting acceptance. A major result of this study is that a 6-month use of our SD-based platform improves user's self-determination performance in every dimensions : autonomy, self-regulation, empowerment and self-realization. In contrast, no change or even deterioration was observed among non-equipped participants. Indeed, psychological empowerment performance has diminished in the non-equipped group. This observation is consistent with aging studies revealing that the loss of sense of control on the environment is sensible with increasing age [Lachman, 2006].

These results validate our approach to promote SDT requirements to design gerontechnologies. We demonstrate the effectiveness of our SDT design principles by showing their impact on the self-determination state of the equipped participants. A second important result is the strong relationship revealed between self-determination dimensions and technology acceptance dimensions. This relationship mirrors the findings reported by Lee, Lee & Hwang [Lee *et al.*, 2015] for young users. Interestingly, their work exhibits positive relations, whereas our work shows negative relations. More specifically, a negative influence of the self-determination performance on technology acceptance is reported. The same negative influence has also been reported in past studies for the health condition on Internet usage [Nayak *et al.*, 2010] and assistive technology adoption [Agree *et al.*, 2005]. The finding that people with poor self-determination conditions are more likely to use technology might be an indication that older people intend to use gerontechnology as a compensation, whereby the use of technology can increase autonomy and, to some extent,

compensate for age-related self-determination deficiencies [Kohlbacher *et al.*, 2011]. These remarks are consistent with Chen and Chan who state that user characteristics in older adults determine user acceptance, rather than attitudinal factors [Chen et Chan, 2014].

Even if the sample size of our field study is a statistical limitation, to the best of our knowledge, there is no study aiming at using SDT as design requirements for assistive technologies. Furthermore, there is no study measuring the effect of SDT-based technologies on the self-determination performance of users. Finally, there is no research reporting a relationship between self-determination performance and technology acceptance in older adults.

7.3.7 SDT-Based Design Requirements [DR]

We now reflect on this design process and outline four classes of requirements, following the four SDT dimensions, that could be used to design gerontechnologies.

[DR1] – Supporting behavioral autonomy

- *Variability and evolution of tasks of interest.* The scope of activities addressed by the technology should be wide and extensible to cover the activities of interest of the older adult and their evolution over time.
- *Accessible interface.* The assistance proposed by the technology should be accessible to the person and should help them carry out the target activity. Specifically, it should match the perceptive, motor and cognitive capabilities of the older adult using the assistance, leveraging existing Human Factors methods.
- *Non-disruptiveness of the physical and social environment.* The technological assistance must be unobtrusively integrated into the physical and social environment of the older adult. Indeed, this is where the user has developed their habits and has adapted to be behaviorally autonomous.

[DR2] – Increasing self-regulation opportunities

- *Reinforcement of adaptative behaviors.* The assistive support must be complementary to the older adult's behaviors : it should leverage adaptive behaviors and skills of the user, instead of taking over from the user. Substituting the user by an automated system, as is promoted by home automation, is to be avoided, except when the user explicitly requests such support for their own comfort.
- *Improvement of decision making.* The level and the form of the assistance given by the system are defined and decided by the user to meet their abilities of self-regulation.
- *User-centered interactions.* The older user always remains the causal agent of interactions with the system whether these be passive or active (expected input from the user). During interactions between the older user and the system, the system should

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

always provide the user with the necessary latitude to respond to their self-regulation expectations.

[DR3] – Promoting self-realization

The system should give feedback as it assists the older user in performing a desired activity. This report should enable the user to maintain their self-awareness and their capabilities to perform the meaningful tasks. To achieve this goal, the system should maintain context-awareness information about an ongoing activity.

[DR4] – Reinforcing psychological empowerment

The system must allow the older adult to change as many functionalities as possible, increasing their perception of control over their environment.

7.3.8 Conclusions

SDT-based technologies allow the user to be the causal agent of the technology's interaction, and enables the user to make decisions about assistance needed to live autonomously and perform meaningful activities. SDT puts the users' motivation at the core of the assistive system, ensuring the meaning of the technology for the person. We promote these requirements as a way to provide a more successful and durable *match* between the older user's expectations and the design of the technology. In fact, improving both the acceptance and the use of technologies by older adults is a key challenge for the HCI community.

Throughout the description of our case study, we have been able to relate the work of the HCI community to concerns in gerontechnologies. In other words, researchers and designers are intuitively implementing some of the SDT design principles. However, to the best of our knowledge, our study is the first that relates these functionalities with the Self-Determination Theory. We hope that this explanatory work and its instantiation with a SDT-based, assisted living platform provides the technology designers with useful insights to map SDT design principles into their design process.

For the HCI researchers, the self-determination concept opens up new avenues of research on what the Human-Computer interaction style should be in gerontechnology : *confer more self-determination on older users*. Future works could integrate this objective and evaluate it in a concrete way with our proposed measurement tool.

7.3.9 Appendix. The Arc's Self-Determination Scale

SECTION ONE: Autonomy

1A. Independence: Routine personal care and family oriented functions		1A. Subtotal:	
1. I make my own meals or snacks	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
2. I care for my own clothes	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
3. I do cores in my home	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
4. I keep my own personal items together	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
5. I do simple first aid or medical care for myself	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
6. I keep good personal care and grooming	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance

1B. Independence: Interaction with the environment		1B. Subtotal:	
7. I make friends my age	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
8. I use the post office	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
9. I keep my appointments and meetings	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
10. I deal with salespeople at stores and restaurants	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance

1C. Acting on the basis of preferences, beliefs, interests and abilities: Recreational and leisure time		1C. Subtotal:	
11. I do free time activities based on my interests	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
12. I plan weekend activities that I like to do	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
13. I am involved in neighborhood, town's activities	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
14. My friends and I choose activities that we want to do	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
15. I write letters, notes or talk on the phone to friends and family	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance
16. I listen to music I like	<input type="checkbox"/> I do not even if I have the chance	<input type="checkbox"/> I do sometimes when I have the chance	<input type="checkbox"/> I do every time I have the chance

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION

SECTION TWO: Self-Regulation

2A. Interpersonal cognitive problem-solving

33. Beginning: You are sitting in a planning meeting with your employer. You want to take a class where you can learn how to use a computer, whereas your employer wants you to learn how to use the cash register. You can only learn one or the other.

Middle:

End: The story ends with you learning to use the computer

Story Score: _____

34. Beginning: You hear a friend talking about a new job opening at the local book store. You love books and want a job. You decide you would like to work at the bookstore.

Middle:

End: The story ends with you working at the bookstore

Story Score: _____

35. Beginning: Your friends are acting like they are mad at you. You are upset about this.

Middle:

End: The story ends with you and your friends getting along just fine.

Story Score: _____

36. Beginning: You go to work one morning and discover you forget your working template that you need. You are upset because you need that template to do your work.

Middle:

End: The story ends with you using your template to do your work

Story Score: _____

37. Beginning: You are in a working group. Your employer announces that the group needs to elect new officers at the next meeting. You want to be the president of the working group.

Middle:

End: The story ends with you being elected as the working group president.

Story Score: _____

38. Beginning: You are at a new work and you don't know anyone. You want to have friends.

Middle:

End: The story ends with you having many friends at your new work.

Story Score: _____

2B. Goal setting and task performance

Directions:

The next three questions ask about your plans for the future. Again, there are no right or wrong answers. For each question, tell if you have made plans for that outcome and, if so, what those plans are and how to meet them.

39. Where do you want to live in 5 years?

☐ I have not planned for that yet

☐ I want to live _____

List four things you should do to meet this goal:

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

40. Where do you want to work in 5 years?

☐ I have not planned for that yet

☐ I want to live _____

List four things you should do to meet this goal:

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

41. What type of transportation do you plan to use in 5 years?

☐ I have not planned for that years

☐ I want to live _____

163

List four things you should do to meet this goal:

1) _____

2) _____

3) _____

4) _____

CHAPITRE 7. CONCEPTION D'UNE TECHNOLOGIE AMBIANTE D'ASSISTANCE DOMICILIAIRE

SECTION THREE: Psychological Empowerment

42. ☐ I usually do what my friends want ... or
☐ I tell my friends if they are doing something I don't want to do

43. ☐ I tell others when I have new or different ideas or opinions ... or
☐ I usually agree with other people's opinions or ideas.

44. ☐ I usually agree with people when they tell me I can't do something ... or
☐ I tell people when I think I can do something that they tell me I can't

45. ☐ I tell people when they have hurt my feelings ... or
☐ I am afraid to tell people when they have hurt my feelings.

46. ☐ I can make my own decisions ... or
☐ Other people make decisions for me.

47. ☐ Working hard doesn't do me much good ... or
☐ Working hard will help me get a better job.

48. ☐ I can get what I want by working hard ... or
☐ I need good luck to get what I want.

49. ☐ It is no use to keep trying because that's won't change things ... or
☐ I keep trying even after I get something wrong.

50. ☐ I have the ability to do the job I want ... or
☐ I cannot do the job I want because I don't have the ability.

51. ☐ I don't know how to make friends ... or
☐ I know how to make friends.

52. ☐ I am able to work with others.
☐ I cannot work with others.

53. ☐ I do not make good choices ... or
☐ I can make good choices.

54. ☐ If I have the ability to do the job I want ... or
☐ I probably won't get the job I want even if I have the ability.

55. ☐ Working hard doesn't do me much good ... or
☐ Working hard will help me get a better job.

56. ☐ I will be able to get the job I want ... or
☐ I will not be able to get the job I want because I don't have the ability.

57. ☐ My choices will not be honored ... or
☐ I will be able to make choices that are important to me.

Section 3 Subtotal: _____

SECTION FOUR: Self-Realization

58. I do not feel ashamed of any of my emotions.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	66. I don't accept my own limitations.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Agree	Don't agree		Agree	Don't agree
59. I feel free to be angry at people I care for.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	67. I feel I cannot do many things.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Agree	Don't agree		Agree	Don't agree
60. I can show my feelings even when people might see me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	68. I like myself.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Agree	Don't agree		Agree	Don't agree
61. I can't like people even if I don't agree with them.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	69. I am not an important person.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Agree	Don't agree		Agree	Don't agree
62. I am afraid of doing things wrong.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	70. I know how to make up for my limitations.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Agree	Don't agree		Agree	Don't agree
63. It is better to be yourself than to be popular.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	71. Other people like me.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Agree	Don't agree		Agree	Don't agree
64. I am loved because I give love.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	72. I am confident with my abilities.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Agree	Don't agree		Agree	Don't agree
65. I know what I do best.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	Agree	Don't agree			

7.3. CONCEPTION D'UNE AAD BASÉE SUR LA THÉORIE DE L'AUTO-DÉTERMINATION



La première étude (Etude 3) a confirmé la validité de nos formules, appliquées aux données expérimentales et comparées à un observateur humain. Ainsi, notre plateforme apparaît en mesure de vérifier de manière quasi-exacte les activités réalisés. En conséquence, elle présente une conscience de la situation de la personne dans son domicile et est donc à même de détecter des situations problématiques nécessitant un support environnemental d'assistance telle qu'une notification.

Ensuite, l'étude 4 apporte des observations empiriques favorables quant à l'apprenabilité de notre système de notification et l'efficacité des participants âgés dans son utilisation, quelles que soient leurs ressources cognitives et physiques. Les résultats additionnels ont également montré une acceptabilité et une satisfaction élevée des utilisateurs envers notre plateforme.

La dernière étude (Etude 5) a permis de montrer que, comme établi par Lee *et al.* pour des sujets jeunes, l'auto-détermination est un facteur décisif pour l'acceptabilité des technologies. De plus, notre plateforme a amélioré le sentiment d'auto-détermination des utilisateurs, comparés au groupe contrôle, soutenant de fait notre approche de conception.

Au total, les études présentées ci-avant supportent les différentes fonctionnalités de notre plateforme en termes de services et de choix d'interface (système d'interaction personne-AAD) pour opérer les assistances visant à soutenir le maintien à domicile de la personne. En effet, chacune définit tout d'abord des principes et préconisations de conception adaptés aux spécificités du public âgé fragile que nous avons visé, puis les appliquent dans le développement de notre plateforme. Chaque fonctionnalité est ensuite éprouvée par un déploiement expérimental évaluant l'utilisabilité et de l'acceptabilité auprès des utilisateurs. Ces études mettent également en avant les relations entre l'acceptabilité du système et les caractéristiques cognitives et physiques des utilisateurs âgés, révélant la nécessité de développer des modèles d'acceptabilité propres à ce public.

Ainsi, ces résultats nous permettent de fonder un socle solide de conception pour se concentrer sur la dernière et primordiale étape de la conception centrée-utilisateur : l'évaluation de l'efficacité du système.



RÉSULTATS EMPIRIQUES : ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ DU SYSTÈME D'ASSISTANCE DOMICILIAIRE

Sommaire

8.1	Bénéfices apportés par l'utilisation d'une AAD	168
8.1.1	Introduction	168
8.1.2	Background	169
8.1.3	Experimental study	174
8.1.4	Results	181
8.1.5	Discussion	183
8.1.6	Conclusion	186
8.1.7	Appendix	187





L'objectif de cette dernière étape était donc d'évaluer l'efficacité de notre système d'assistance pour favoriser l'autonomie domiciliaire, et donc le le maintien à domicile. Dans ce but, une étude terrain a été menée pendant 6 mois auprès d'un groupe équipé et d'un groupe contrôle apparié, en incluant dans les deux cas, les aidants professionnels de chaque participant.

L'étude réalisée (Etude 7) avait pour objectif d'évaluer les bénéfices apportés par l'utilisation de notre plateforme d'assistance en termes d'autonomie pour le sujet et de réduction du fardeau pour son aidant. Ainsi, 32 participants âgés fragiles ont été divisés en deux groupes appariés en âge, genre, et statut cognitif, un groupe utilisant notre plateforme pendant 6 mois, et l'autre constituant le groupe contrôle. Les mesures du fonctionnement quotidien de l'agé ont été constituées d'une mesure subjective renseignée par l'agé, et d'un questionnaire administré à son aidant professionnel. Le fardeau de l'aidant a été évalué par deux questionnaires, l'un investiguant le fardeau professionnel global, l'autre les difficultés rencontrées dans l'apport d'un soutien dans les IADL à l'agé.



8.1 Etude 6. Bénéfices apportés par l'utilisation d'une plateforme d'assistance domiciliaire

Title. Evaluation of everyday functioning benefits from a long-term use of an assisted living platform for aging in place : a pilot field study amongst frail older adults community dwelling and their caregivers

Authors. Lucile Dupuy, Charlotte Froger, Charles Consel, Hélène Sauzéon

Keywords.

Abstract. Nowadays, ambient assisted living technologies (AAL) are regarded as one of the most promising solution to support aging in place. Yet, their evidence-based efficacy remains expected in terms of benefits for independent living and for caregivers' working conditions. Hence, the purpose of this study was to assess the benefits from a 6 months intervention based on a multi-task AAL platform for both frail older adults and professional caregivers regarding to everyday functioning and caregiver burden (pre- vs. post – comparisons).

A field study involved 32 frail older adults living at home (half of them was equipped and the remaining half was not, as a control condition) and their caregivers. Everyday functioning measures were reported by frail participants and by caregivers. Self-reported objective and subjective measures of caregiver burden were also collected.

The main results showed that the caregiver's estimates of everyday functioning of equipped participants were unchanged across time while they are decreased for the control participants. Also, a reduction of self-reported objective burden was obtained after 6 months of ALL intervention for the equipped group, compared to the control group.

Overall, these results highlighted the potential of AAL as a relevant environmental support for preventing both functional losses in frail individuals and objective burden professional caregiver.



8.1.1 Introduction

Our society is aging. By the year 2050, approximately 30% of European population will be age 60 or older (WHO, 2015). Increased life expectancy results in many challenges for the society and for the health care system, including an increased occurrence of age-related diseases and dependency syndrome [Rashidi et Mihailidis, 2013]. Simultaneously, there is a growing demand for older adults to live at home rather than rely in an institutional care as supplied by nursing home or retirement homes [Sixsmith et al., 2014; Mitseva et al., 2012].

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

As a result, the need for both formal and informal caregivers (e.g., family or friends) is increasing. Although this caregiving role may be fulfilling, several studies show that it can also affect caregivers' physical and psychosocial health, or induce financial distress [Kuster et Merkle, 2004; Pakenham *et al.*, 2007].

Over the last decade, extensive and continuous research efforts have been provided to develop technologies that support aging in place, and that reduce caregiver burden. Current solutions include a variety of assistive technologies that were developed according to the "ambient intelligence" paradigm. Related to the field of information technology, this paradigm aims to empower people's capabilities by means of digital environments that are sensitive, adaptive, and responsive to human needs [Rashidi et Mihailidis, 2013; Sadri, 2011]. Because assisted living technologies are based on ambient intelligence, they are called ambient-assisted living (AAL) devices. AAL devices are thought to provide home safety for the elderly, help with daily activities, and promote older adults' social participation by increasing connection and communication with their social network [Rashidi et Mihailidis, 2013]. However, a common drawback in existing AAL technologies is the lack of experimental validation in terms of benefits for everyday functioning that can be gained through long-term use of the technology [Liu *et al.*, 2016]. In this vein, the benefits of AAL should be demonstrated with respect to both the autonomy of older adults for home-related activities, and the caregiver's self-perceived burden. Consequently, the purpose of the present study was to evaluate the long-term use of an AAL platform named HomeAssist, the expected outcomes being the promotion of independent living and the reduction caregiver burden. More particularly, an experimental field study was conducted in which HomeAssist was deployed in a real setting, that is to say in the home of community-dwelling older adults with reduced autonomy. The pilot field study included 32 older adults (half of whom were equipped with our AAL) and their professional caregivers, and a 6-month follow-up.

8.1.2 Background

While many persons experience healthy ageing without significant impairments, a number of sensory, motor, cognitive and functional abilities are susceptible to decline with age, thus threatening independent living and aging in place (for review, [Gold, 2012]). This is particularly true in elders with frailty syndrome for whom the incidence of disability in activities of daily living (ADLs) is increased. Frailty is a common and important geriatric syndrome characterized by an age-related decline in both physical and cognitive reserve, as well as in physiological function, leading to increased vulnerability to adverse health outcomes including death, hospitalization, and disability [Aguilar-Navarro *et al.*, 2011]. According to the phenotypic definition of frailty as a geriatric syndrome, proposed by [Fried *et al.*, 2001], frailty refers to individuals who meet three or more of the five following criteria : weakness, slowness, low level of physical activity, self-reported exhaustion, and unintentional weight loss.

In community-dwelling elderly populations, frail and pre-frail individuals represent around 40% of people aged over 65. Frail Individuals (FIs) are acknowledged to be an optimal target population for the implementation of effective dependency prevention programs [Clegg *et al.*, 2013]. Frail individuals often lose their ability to cope with various life events. As a result, they are at high risk of losing their autonomy for everyday functioning [Ávila-Funes *et al.*, 2008]. Functional ability loss in FIs appears in a slowly progressive fashion [Moreno-Aguilar *et al.*, 2012]. Complex ADLs, such as social activities, work or handling community affairs, are the first to decline. Instrumental activities like shopping, handling medication, keeping appointments, traveling, or coping with household tasks deteriorate afterwards [Ávila-Funes *et al.*, 2011]. At this stage, preventive interventions can be most effective to reach a path to successful aging [Cesari *et al.*, 2014].

There is increasing evidence to suggest that environmental support can be a fruitful approach for helping FIs to perform ADLs, or even to reduce their functional degradation (e.g., first controlled trial : [Mann *et al.*, 1999]). According to the Environmental Support framework for aging (e.g., [Dixon et Backman, 2013]), assistive devices for ADLs refer to all instruments that either provide an adaptation of the environment to make it more accommodating for people with impairments (*i.e.*, to reduce the demands of a given task), or that equip people with the means to compensate for their impairments (*i.e.*, to support the use of a person's resources to encourage an active aging process).

Informal and formal caregivers are important resources for community-dwelling frail elderly people, acting as “human support for ADL” [O'Neill et Gillespie, 2008]. These assistants prompt, remind and provide support for the performance of everyday activities. The interpersonal dynamics of providing environmental support can create problems both for caregivers (*i.e.*, burden, *etc.*) and older adults [Lopez-Hartmann *et al.*, 2012; Proot *et al.*, 2000].

Assessment of older adults' functional status and caregiver burden

Independent everyday functioning, also called functional status, refers to an individual's abilities to autonomously perform ADL [Diehl, 1998; Lawton et Brody, 1969]. ADL can be defined as including basic (BADL) and instrumental (IADL) activities of daily living. BADLs correspond to physical self-care tasks, such as dressing, grooming and toileting [Katz, 1983]. IADLs entail more cognitively complex tasks including meal preparation, medication or financial management [Lawton et Brody, 1969]. In general, functional status is assessed through self-report questionnaires, including for instance the Multilevel Assessment Instrument (MAI- [Lawton *et al.*, 1982]), the Functional Independence Measure (FIM- [Granger *et al.*, 1986]) the Functional Assessment Measurement System (FAMS- [Hébert *et al.*, 1988]) and the Older Americans Resources and Services Multidimensional Assessment Questionnaire (OMFAQ- [Fillenbaum, 2013]). However, as older adults tend to underestimate their everyday difficulties [Gold, 2012; Farias *et al.*, 2005; De Winter *et al.*, 2015], self-report questionnaires are increasingly being complemented with caregiver-reported

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

questionnaires. Indeed, it has been shown that caregivers are more accurate in assessing the functional status of older adults [Gold, 2012]. These questionnaires include for instance the Physical and Instrumental Self-Maintenance Scale [Lawton et Brody, 1988], the Caregiver's Perceptions of Functional Status Scale (CPFS- [Loewenstein *et al.*, 2001]) or the validated french questionnaire Inventaire des Habiletés pour la Vie en Appartement (IHVA- [Corbeil *et al.*, 2009]). The IHVA has the advantage of being the most exhaustive, since it assesses everyday abilities within 12 dimensions, including for instance health management, meal preparation and community capabilities.

Caregiver burden can be defined as the experience of “enduring stress and frustration” by those who care for individuals with reduced autonomy at home [Butcher *et al.*, 2001; Etters *et al.*, 2008]. These can be informal caregivers (e.g., family or close friends) or professional caregivers (e.g., nurses or home care professionals). Therefore, questionnaires that assess caregiver burden are designed to suit either professional or informal caregivers. Informal caregiver assessments include for instance the Zarit Burden Inventory [Zarit *et al.*, 1980], the Caregiver Strain Index (CSI- [Sullivan *et al.*, 2002]) and the Screen for Caregiver Burden (SCB- [Hirschman *et al.*, 2004]). Concerning professional caregiver burden, assessments include Caregiver Burden Inventory Scale [Novak et Guest, 1989] or the Maslach Burnout Inventory (MBI - [Maslach et Jackson, 1981]). The MBI is sometimes also used to assess family caregiver burden (e.g., [Truzzi *et al.*, 2012; Angermeyer *et al.*, 2006]).

Ambient-assisted Living tools for older adults and their caregivers

AAL tools for older adults can be divided into three categories according to the person's needs growing up with senescence : everyday activities, home safety and social participation [Baecker *et al.*, 2012; Huber *et al.*, 2013]. AAL devices for everyday activities include a large variety of appliances such as digital pillboxes [Lee et Dey, 2014], electronic organizers for managing appointments [Imbeault *et al.*, 2011], and tools for monitoring daily activities which can supply users with notifications should they forget something [Pollack *et al.*, 2003]. Home safety AAL devices mainly focus on the prevention of falls and common domestic accidents. Thus, fall detectors [Brownsell et Hawley, 2004], lighting path [Figueiro *et al.*, 2012] and alarms for caregivers [Russ, 2006; van Hoof *et al.*, 2011], are the main functionalities covered by AAL. Finally, such technologies can deliver specific social functionalities, which include social gaming technologies [Shim *et al.*, 2010], simplified electronic mailing [Wiley *et al.*, 2006], video telephoning [Savolainen *et al.*, 2008] and digital picture frames [Consolvo *et al.*, 2004; Rowan et Mynatt, 2005; Cornejo *et al.*, 2013].

Simultaneously, AAL devices are thought to be an efficient means for reducing interpersonal tension between caregivers and care-receivers [de Joode *et al.*, 2010], in addition to increasing the quality of care (for a review, see [Chi et Demiris, 2015]). Such services include videophones [Myers *et al.*, 2008], phone-based systems [Wilz *et al.*, 2011] and

web-based information [Smith *et al.*, 2012].

Despite considerable enthusiasm on the part of both caregivers and care receivers, several AAL-related issues remain to be resolved. First, although many technological innovations are available to assist older adults in their daily life [Mokhtari *et al.*, 2012], their silo-based nature makes it a challenge to aggregate them. Indeed, older adults require more and more services to assist an increasing number of ADLs due to multiple, various and evolving needs, particularly in the context of frailty. Indeed, the ability to perform ADLs remains extremely patient-dependent (individual- and occasion-variability) [Bendayan *et al.*, 2014]. As a result, personalized multiple intervention programs are more efficient (and sometimes less costly) to slow the impact of frailty (on cognition, autonomy, quality of life) than a usual intervention program [Au *et al.*, 2015; Fairhall *et al.*, 2015]. Second, the silo-based nature of AAL devices generates an overwhelming cognitive cost for older users, as documented in the literature on aging [Scherer, 2012]. A third limitation is also related to the silo-based approach. This approach is too poor to be able to confer any contextual relevance to assistive services (*i.e.*, situation awareness). Indeed, most rely on an isolated telecommunication system [Chi et Demiris, 2015]. Thus, such services are not flexible and are supplied irrespective of a person's actual needs for a given situation, rendering them unsuitable or indeed even obstructive for performing ADLs.

In order to overcome these limitations, AAL is increasingly based on smart homes (for a review, see [Tomita *et al.*, 2010; Morris *et al.*, 2013]). A smart home can be defined as a regular home which has been augmented with various types of sensors that can be used to supply multiple assistive services [Rashidi et Mihailidis, 2013] with often rely on a unified interaction system [Consel *et al.*, 2015]. Today, these smart homes are implemented in laboratory settings (*e.g.*, the Gator Tech Smart House by [Helal *et al.*, 2005] or [Tang *et al.*, 2011]), or in dedicated communities (*e.g.*, [Courtney *et al.*, 2008; Demiris *et al.*, 2008]). Consequently, the greatest flaw in such solutions is that older adults must be moved from their familiar environment. This impedes the everyday functioning and, more particularly, the daily routines that allow people to remain autonomous at home and conserve an independent living [Bouisson, 2002]. Indeed, very few smart home projects have addressed the issue of retrofitting existing homes to turn them into smart homes (*i.e.*, adding sensors and assistive technologies in older adults' own house) [Tomita *et al.*, 2007; Zagier, 2009; Cook *et al.*, 2013]. This approach has the advantage of being less disruptive for older adults to perform their daily routines. It also allows AAL to be scaled up in a naturalistic and realistic manner, in line with the "aging in place" concept. Surprisingly, there is little evidence of the efficacy of such retrofitting-based AAL tools in terms of benefits for the older adult's autonomy and caregiver burden.

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAL

Existing experimental study on health benefits from AAL

Among the increasing amount of AAL tools for aging in place, only few have been validated in an experimental study. The recent systematic review conducted by Liu *et al.* [Liu *et al.*, 2016] highlighted the fact that only 33.33% of the reviewed studies investigated the patients' benefits from AAL; and only 18.75% included a control group for assessing AAL efficacy.

Among the available studies, the work of Tomita *et al.* [Tomita *et al.*, 2007] is of particular interest. In this study, the homes of 46 older adults who lived alone were retrofitted using X10 products (technology based on wired sensors) and a computer. The 46 users were compared over a 2-year period with 67 control elders. The measurements taken in this study were diverse and included assessments of functional status (thanks to the FIM and the OM-FAQ questionnaires), health conditions (e.g., number of illnesses, type of illness, amount of medicine taken) physical abilities (thanks to the Craig Handicap Assessment and Reporting Technique Mobility; [Whiteneck, 1992]) and cognitive functioning (using the MMSE). Results indicated no change in functional, physical and cognitive measures in the intervention group, whereas the control group declined significantly in each parameter that was measured. Another interesting study is that conducted by Vincent and his collaborators [Vincent *et al.*, 2006], which evaluated the impact of a tele-surveillance system on the wellbeing of older adults. More specifically, they gathered measures of cognitive and functional status (using the MMSE and the FAMS, respectively), perceived quality of life, and the number of days spent in hospital over a 6-month period for 38 older adults using the tele-surveillance system. Results showed no effect on the quality of life and functional status of the older adults, but they did reveal a great reduction in the length of hospital stays. However, this study did not include a control group.

As for the caregivers, studies have rarely evaluated the benefits of AAL for reducing the burden of those who care for frail older adults. However, several studies have been carried out concerning the caregivers of dementia patients (e.g., [Winter *et al.*, 2007; Smith *et al.*, 2006]; for a review see [Topo, 2009]). Nevertheless, the above-mentioned study by Vincent *et al.* [Vincent *et al.*, 2006] also included 38 informal caregivers, and measured the impact of the tele-surveillance system on their burden (assessed with a "hand-made" scale). Results showed a decrease of burden after 6 months using the system. In this vein, Russ [Russ, 2006] conducted a 12-month study with 50 informal caregivers of older adults living alone. These older adults were equipped with computers, X10 sensors (enabling them to remotely control lights and electric appliances) and a pendant alarm for alerting a caregiver. Caregivers were assessed for burden (with the Zarit Burden Inventory), depression (assessed by the Center for Epidemiological Studies Depression Scale; Radloff, 1977) and caregiving satisfaction (thanks to the Picot Caregiver Reward Scale; [Fulton Picot *et al.*, 1997]). Results showed that the AAL installation was effective in preventing caregiver depression and burden, but did not have any effect on caregiving satisfaction. Magnusson & Hanson [Magnusson *et al.*, 2005] conducted a qualitative study with 34 families, in

which professional practitioners and families were interviewed regarding a communication platform for older adults. The platform (named ACTION, for *Assisting Carers using Telema-tics Interventions to meet Older persons' Needs*) consisted in a television-based technology providing multi-media programs and videophone facility, and was deployed in older adults' home for approximately three months. Feedback from interviews with caregivers highlighted the positive feeling of such a technology in reducing caregiver burden and improving caregivers' satisfaction.

Considering the overall data, it could be suggested that research in the field of AAL suffers from several drawbacks : first, AAL devices used were relatively simple (remotely controlled sensors, call pendants, phones) and mostly single-task regarding the three domains of assistance (*i.e.*, everyday activities, safety or social participation) ; second, they often fail to use validated tools to assess functional status or caregiver burden, by instead conducting interviews or creating dedicated scales. Finally, some studies lacked a control group and failed to consider the caregivers.

Aims of the present study

In this line of research, we developed an AAL platform to promote older adults' autonomy and reduce caregiver burden. This platform, named HomeAssist, consisted of assistive applications belonging to the three domains of assistance : everyday activities, safety, and social participation. HomeAssist benefits were assessed in a six-month experimental study. Participants were physically frail older adults living alone, and their professional caregivers. Participants were divided into two groups matched by age, gender and cognitive status. One group used our platform during 6 months, whereas the other constituted the control group. Expected results were positive, duration-dependent effect of the platform on older adults' functional status (whether by improving or maintaining everyday functioning, or at least slowing a potential decline) compared to the control group. In the same vein, we expected a positive impact on caregiver burden for the equipped group.

8.1.3 Experimental study

This section presents the experimental validation of our platform, by assessing the benefits for older adults and their caregivers. HomeAssist was deployed in the houses of 16 community-dwelling older adults for a 6-month period. We also recruited 16 matched older adults to form a control group. Furthermore, a professional caregiver for each of our 32 participants was also included in the experimental study. First, the participants and the HomeAssist platform are described. The assessments used throughout the intervention are detailed afterwards.

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

Participants

We recruited 32 dyads, each comprising one older adult and his/her professional caregiver. Participants were recruited thanks to collaborations with public home care services for older adults. We selected cognitively healthy oldest old participants living alone in their apartment or house (MMSE with a score greater than 25; [Lechevallier-Michel *et al.*, 2004]).

All the participants underwent a geriatric assessment to evaluate frailty dimensions according to Fried *et al.* [Fried *et al.*, 2001]. First, physical reserve was assessed using several tasks selected from widely used clinical and research scales (assessing weight, weakness, slowness, and low level of physical activity) [Guralnik *et al.*, 1994] as follows :

- The *Mini Nutritional Assessment* [Guigoz *et al.*, 1997] and the extraction of *Body mass and lean mass values*¹ as important components of frailty [Campbell *et al.*, 1997]. This enabled a lean body mass score, ranging from 0 to 5, to be calculated.
- *Static Balance Testing* consists of three sorts of standing : side-by-side stand, semi-tandem stand and tandem stand ; scored from 4 – the participant holds the tandem position for more than 10 sec ; to 0 – the participant did not attempted any standing position.
- *Timed Get Up and Go Test* (agility and dynamic balance). This test consists in rising from a chair, walking three meters, turning around, walking back to the chair, and sitting down. Time in seconds to complete the task is recorded. The task is scored as followed : 1 – the task is completed in more than 30 sec, 2- the task is completed from 20 to 30 sec, and 3 - the task is completed in less than 10 sec (in this case, mobility is considered normal).
- *Gait Speed Test* corresponds to a timed 4-meter walk, scored from 4 (walk completed less than 4.82 sec) down to 0 (the participant was unable to complete the walk). The total score obtained on these four mobility tests ranged from 0 to 11, with higher values indicating greater mobility function.
- *Sensory abilities*, particularly visual acuity and hearing were assessed with a three-point Likert-type scale, ranging from 0 to 2 (where 0 corresponds to the highest sensory loss). Thus, sensory scale provided scores ranging from 0 to 4 with higher scores indicating better sensory functions.

Finally, the self-reported exhaustion dimension of frailty was assessed by evaluating perceived health condition (Short Form Questionnaire SF-36 with its two subscores for the physical and the mental health, [Ware Jr *et al.*, 1992] ; and the General Health Questionnaire, GHQ-28, [Goldberg *et al.*, 2000]), self-reported cognitive complaint

1. First, the Body Mass Index (BMI) was calculated according to the standard formula [BMI=mass (kg)/(height (m))²]. The BMI is scored from 0 to 3 with higher values indicating higher BMI values. Second, the brachial and calf perimeters are scored from 0 to 2 with a higher value indicating higher lean mass value. Summed, the two indices provide a score from 0 to 5, with a higher score indicating a better body mass

(Cognitive Difficulties Scale, CDS - [McNair et Kahn, 1983]) and routinization preferences (Echelle de Préférences de Routinisation – EPR ; [Bouisson, 2002]).

Overall, the participants presented a reduced capacity in several dimensions (physical, psychological, functional). This contributes to frailty and characterise an increased vulnerability to stressors, without the presence of any concomitant neurological disease (see [Kelaiditi *et al.*, 2013] for a review).

The participants were then divided into two groups matched according to their age, gender cognitive status (MMSE), cognitive complaints (CDS), perceived health condition (SF-36 with its two subscores and GHQ-28) and physical status (MNA and others tasks) (see Table 8.1). One group was provided with HomeAssist for a 6-month period, and the other group was a control group (who were equipped of fake paper-based sensors). Potential initial differences between the two groups were tested using a Student t-test (Table 8.1). Overall, no significant differences were observed between the two groups.

	Equipped group (N=16)	Control group (N=16)	Group comparison
	Mean (SD)	Mean (SD)	
Age	80.38 (1.52)	82.88 (1.61)	p > .200
Gender	4 males	4 males	
Family status	15 widowed	16 widowed	
MMSE [0 – 30]	27.81 (.38)	27.56 (.55)	p > .700
MNA [0 – 30]	24.13 (.50)	23.88 (.45)	p > .700
Body/Lean mass value [0 – 5]	4.62 (.18)	4.08 (.33)	p > .150
Physical status [0 – 11]	9.00 (.43)	8.33 (.86)	p > .400
Static Balance Testing [0 – 4]	3.37 (.24)	3.06 (.40)	p > .500
Timed Get Up and Go Test [0 – 3]	2.19 (.19)	2.20 (.23)	p > .900
Gait Speed Test [0 – 4]	3.44 (.20)	3.07 (.29)	p > .300
Perceived Health			
SF-36 physical [0 – 100]	58.78 (5.86)	52.84 (5.42)	p > .400
SF-36 mental [0 – 100]	68.12 (5.06)	66.30 (4.80)	p > .700
GHQ-28 [0 – 84]	19.87 (3.42)	20.69 (2.61)	p > .800
CDS [0 – 148]	30.97 (3.85)	43.93 (6.66)	p > .100
EPR [0 – 40]	15.68 (1.57)	15.81 (1.56)	p > .900

Tableau 8.1– Participants’ characteristics for control and equipped group. MMSE : Mini Mental State Examination ; MNA : Mini Nutritional Assessment ; SF-36 : Short Form-36 ; GHQ-28 : General Health Questionnaire ; CDS : Cognitive Difficulties Scale ; EPR : Echelle de Préférence de Routinisation

All 32 caregivers were home care professionals, and all were female (with least 1 year

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

of home care experience and at least 6 months care giving for the older participant). Their tasks mainly involved providing support for domestic tasks, purchases and administrative tasks. Caregivers visited the older adults' homes anywhere between twice a month and once a day, depending on the care-receiver's difficulties.

According to the Helsinki convention, older participants gave their informed consent before taking part in the study and local CPP², CNIL³ and COERLE⁴ agreements were obtained.

HomeAssist

We based the design of our assisted-living technology on previous research [Caroux *et al.*, 2014; Dupuy *et al.*, 2016], and implemented it with a set of wireless sensors and two touchscreen tablets. Our AAL technology provides assistance in each of the three previously mentioned domains : everyday activities, safety and social participation, thanks to an online catalog of assistive applications. This allows the assistive support to evolve with the user : new apps can be installed or deleted, depending on the user's needs. The assistive applications we supplied are described hereafter (examples in Figure 8.1).



FIGURE 8.1– Examples of assistive apps from our online catalog

Assistive applications for everyday activities. Thanks to sensors located in different parts of the user's house, the platform was able to monitor ADLs (in particular, getting up, meal

2. CPP : Comité de Protection des Personnes Sud-Ouest et Outre mer (in english, Committee for Person Protection for Aquitania and french oversea 's territories)

3. CNIL : Comission Nationale de l'informatique et des libertés (the French national committee for information and communication technologies and privacy Rights of persons)

4. Ethics committee of the National French Institute of Informatics and Mathematics (Inria)

preparation, toileting, dressing, and going to bed). Omissions could be signaled by a reminder displayed on the tablet. Also, the tablet could remind users of appointments or special events (birthdays, private and family events) thanks to an online calendar. Caregivers also had access to this calendar.

Assistive applications for safety. To prevent falls during night, users were provided with a light path. A small sensor detected when users switched on their bedside light, which automatically activated the light path. Second, the front door was monitored by sensors, and an alert was triggered whenever the door was left open unattended. Finally, electrical appliances (such as stoves) were also monitored and could be automatically switched off. In critical situations such as these, a text message was sent to the caregiver.

Assistive applications for social participation. A dedicated tablet provided a simplified mailing system which allowed messages to be sent using the voice alone (messages could be voice recorded) and a speech synthesizer to read messages out loud. Also, users were provided with video telephoning and collaborative gaming apps (which the user could choose and install). Finally, users were informed of any social events organized by the town council.

Interaction support. Tablets have been shown to be easy to use for older adults [Findlater *et al.*, 2013; Fisk *et al.*, 2009]. Thus, we chose to provide users with two tablets. The first tablet was dedicated to sending notifications to the user about everyday activities and safety applications. This tablet was stationary, plugged into a power outlet, and centrally located in the user's home. It should be pointed out that notifications from the different applications were unified, that is to say that heterogeneous assistive services notified users homogeneously. More precisely, we defined two categories of notifications : non-critical and critical, depending on the urgency of the message. This differentiation has been shown to be well understood and accepted by older users (for more details, see [Consel *et al.*, 2015]). The second tablet was dedicated to social participation. We chose to use two tablets to separate the two types of interactions for several reasons. First, since the first tablet functioned as a signaling device, it was switched on at all times and left in the same place, in order for it to be located and controlled rapidly (much like a landline telephone) ; the second tablet, however, did not provide any urgent information and thus could be mobile and could be switched off. A second argument in favor of having two separate tablets concerns cognitive cost. Indeed, if a user is using the tablet (using the email system for example) and an alert is displayed, they would have to switch to another task. However, task switching is an ability which has been shown to decline with age [Braver *et al.*, 2008]. Thus, to reduce the cognitive cost related to task switching, we preferred to separate the interactions between two tablets. Finally, from a learning perspective and considering age-related cognitive decline, having two interaction supports enables the trainer to gradually introduce the different interfaces (e.g., [Fisk *et al.*, 2009]).

The interfaces displayed on the two tablets were simplified and followed design guide-

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

lines for older adult populations (e.g., [for Standardization, 2007; Fisk *et al.*, 2009] (Figure 8.2 and 8.3). Another feature of the tablet is that when it was left idle, it turned into a digital picture frame, for a shared experience with family and friends (Figure 8.3).

As for the deployment process, a home automation specialist installed the platform in the users' homes, and the sensors and tablets were positioned on the person's electrical appliances (e.g., coffee machine, toaster, bedside light) according to their routines, as analyzed by an occupational therapist. Moreover, once the installation process was complete, the older users and their caregivers followed 4 training sessions (once a week for a month) to help them understand and master the various functionalities of HomeAssist.

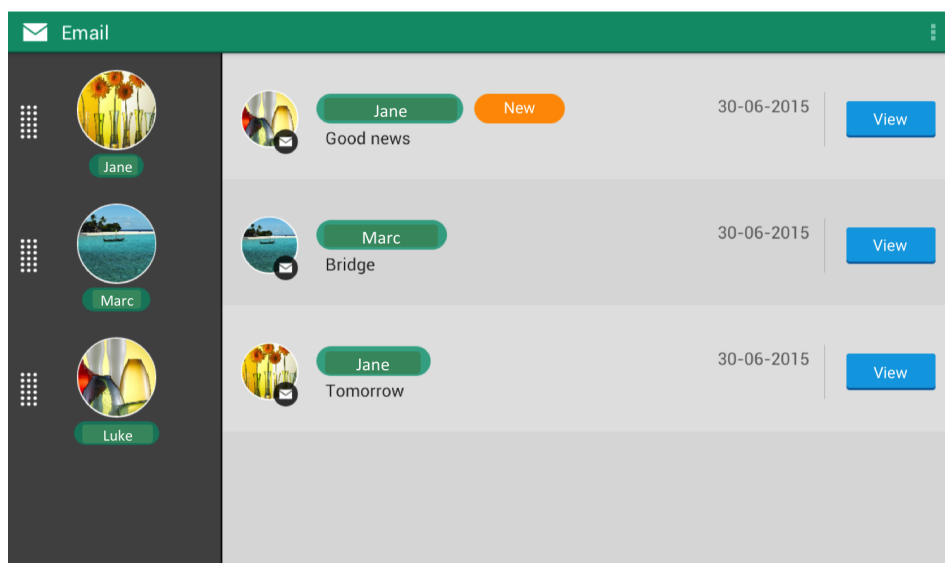


FIGURE 8.2– Inbox interface of our simplified mailing application

More specifically, training sessions lasted approximately one hour and comprised short exercises to learn to use the different assistive applications. Additionally, a concise paper-based manual was provided throughout the 6-month experiment, and users could call the research team 24/7 if they had a question or if the equipment malfunctioned.

Measures

Assessments were performed twice for both the control and the equipped group : once before the beginning of the experiment (at t0), and again 6 months later (at t6). Indeed, the objective was to investigate the outcome of using HomeAssist, both in terms of benefits for the users' autonomy and in terms of caregiver burden. All caregivers underwent the same assessments. The following dimensions were measured :

Measures of older participants' functional status. Two scales were used :



FIGURE 8.3– Digital picture frame

- the *IADL Scale* for a self-assessment : first, we administered a 24-item scale on ADL abilities (Lawton et al., 1982), where answers were based on a 5-point Likert-type format ranging from 0 (not at all difficult) to 4 (very difficult), so that the total score ranged from 0 to 96. To give an example, one of the items of this scale is : “For you, eating is : Very difficult (4) – Not at all difficult (0)”.
- the *IHVA Scale* for a caregiver assessment : the French IHVA questionnaire was completed by each participant’s caregiver to evaluate their perception of the care-receiver’s functional status. Four-point Likert-type items, ranging from 0 (the care-receiver never does it) to 3 (always does it) compose this 12-dimension questionnaire. Each dimension comprises 10 items, giving scores that range from 0 to 30, with higher scores indicating greater everyday abilities. As an example, an item of this questionnaire is : “Buys medicine and takes it as recommended by the prescription : never does it (0) – always does it (3)”.

Measures of Caregiver burden. Two scales were used.

- the *MBI scale* : all caregivers underwent the MBI which assesses three aspects of professional burden : emotional exhaustion (*i.e.*, the feeling of being exhausted by one’s work), depersonalization (*i.e.*, an unfeeling and impersonal response towards recipients of one’s care), and personal accomplishment (*i.e.*, the feeling of competence and success), on a 7-point Likert scale ranging from 0 to 6 (higher scores for the two first dimensions, and lower scores for the third, indicate a higher degree of burnout). To illustrate this, one of the items of this scale is : “Do you feel worn out at the end of

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

the working day : Never – Always”. As proposed by Ahola *et al.* [Ahola *et al.*, 2014], we computed a global burnout score using the following formula : $[0.4 * \text{exhaustion} + 0.3 * \text{depersonalization} + 0.3 * (48 - \text{personal accomplishment})]$. Thus, higher scores indicate a higher degree of experienced burnout. This inventory assessed global professional burnout, not only the burnout related to caring for the participant of the study, that is why we also administrated an other scale,

- the *IADL support scale* : it is an adaptation of the Lawton scale presented earlier, to assess burden for IADL support. Thus, answers varied from 0 – very easy to assist, to 4 – very hard to assist, in reference to the assistance given to the participant in particular. For instance, an item of this scale is : “For you, the support that you provide for eating is : Very hard – Very easy”.

Statistical analyses

In order to highlight the outcomes of using our platform, we compared our equipped and control participants before and after the intervention. Thus, we performed mixed ANOVAs with the following statistical design : Time as an intra-individual independent factor with two modalities (t_0 vs. t_6), and Group as an inter-individual independent factor with two modalities (equipped vs. control) on the functional status and caregiver burden measures presented above. When a Time*Group interaction effect was obtained, *Student t-tests* were performed for each group. Additionally, analyses allowed us to check that our two groups matched for all considered measures. *Levene tests* were previously performed to ensure the homogeneity variance of all data collected. For plotting data, z-scores are computed for each dependent measure. The raw scores for each measure are presented on Appendix. All the statistical analyses were performed using SAS SPSS Statistics 22.

8.1.4 Results

Table 8.2 presents means and standard deviations for measures of older adults' functional status and caregiver burden.

Impact of HomeAssist on older adults' functional status

Z-scores of the two measures of functional status are plotted on Figure 8.4.

Concerning self-perception of everyday difficulties by older adults themselves (assessed with the IADL scale), no significant effect was found, either for the Time [$F(1,30) < 1.00$] and Group factors [$F(1,30) = 1.90$; $p = .180$], or for the Time*Group interaction effect [$F(1,30) < 1.00$] . Regarding the IHVA scale (which reports the caregiver's perception of the older person's functional status), a global effect of Time was observed [$F(1,30) = 24.53$; $p < .001$; $\eta^2 = .45$], with overall everyday abilities reported by caregivers as being lower after the 6-month experiment.

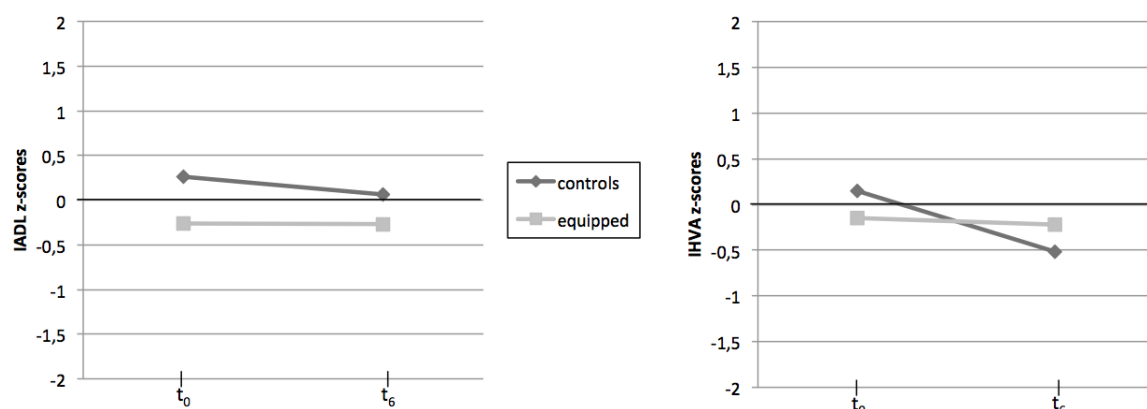


FIGURE 8.4– Pre and Post intervention z-scores of functional status measures for each group. M : mean ; SD : standard deviation, IADL : Instrumental Activities of Daily Living ; IHVA : *Inventaire des Habilités pour la Vie en Appartement*.

No effect of Group was observed [$F(1,30) < 1.00$]. However, a strong Time*Group interaction effect was revealed [$F(1,30) = 15.70$; $p < .001$; $\eta^2 = .34$]. Results indicate that according to caregivers, the functional status of control participants decreased considerably over time [$t(1,15) = 4.69$; $p < .001$], whereas only a slight decline was observed for equipped participants [$t(1,15) = 2.24$; $p = 0.40$].

Overall, self-perception of functional status by older adults did not differ over time, for both control and equipped participants. However, according to caregivers, a significant difference was observed between the two groups after 6 months using HomeAssist, with equipped participants being perceived as more autonomous compared to controls.

Impact of HomeAssist on caregiver burden

Z-scores of the two measures of functional status are plotted on Figure 8.5.

Concerning MBI scores, a global effect of Time [$F(1,30) = 4.69$, $p = .04$] was revealed, with a higher perceived burnout after 6 months for both groups of caregivers. No significant effect of Group [$F(1,30) = 1.28$; $p = .28$] or of Time*Group [$F(1,30) < 1.00$] was observed. As a reminder, the MBI assesses professional burden as a whole, and does not focus on assistance given to our study participants.

Regarding the caregiver's version of the IADL scale, results showed significant effects : a strong effect of Time was observed [$F(1,30) = 22.98$; $p < .001$; $\eta^2 = .43$], with a global increase in caregiver burden over time. No effect of Group was observed [$F(1,30) = 2.75$; $p = .11$]. Moreover, a Time*Group interaction effect was revealed [$F(1,30) = 7.12$; $p = .012$; $\eta^2 = .19$], with a large increase in caregiver burden for the control group between t_0 and t_6 .

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

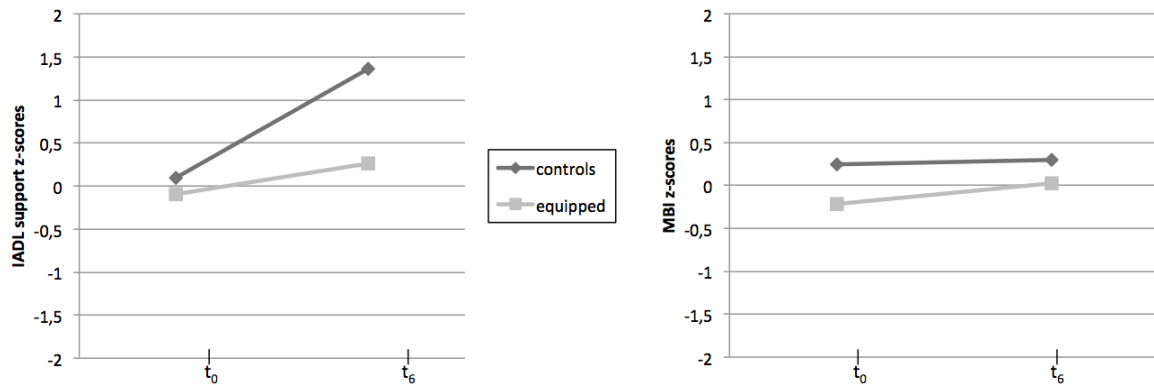


FIGURE 8.5– Pre and Post intervention z-scores of caregiver burden measures for each group. M : mean ; SD : standard deviation, IADL : Instrumental Activities of Daily Living ; MBI : Maslach Burnout Inventory.

[$t(1,15) = -4.74$; $p < .001$], but no increase [$t(1,15) = -1.72$; $p = .10$] for the equipped group.

To sum up, the results of the burden assessments highlight a time-related increase of both overall professional burnout (MBI) and caregiver burden related to supporting the older participant (IADL support scale). Nevertheless, the interaction effect obtained for the latter scale suggests that the evolution of caregiver burden related to sustaining our participants is slower in the equipped group compared to the control group thanks to HomeAssist.

8.1.5 Discussion

The goal of this paper was to present the benefits provided by our AAL platform named HomeAssist. We conducted an experimental study, which saw HomeAssist deployed in the homes of 16 older adults for 6 months. These 16 older adults were compared to 16 control participants. The expected outcome was a positive impact over time on older adults' functional status and on caregiver burden.

A first major result of this study concerns measures of functional status. Results showed that no significant difference was reported by older adults between t_0 and t_6 , irrespective of group conditions (equipped vs. control participants). On the contrary, according to caregivers, significant differences in everyday functioning appear between control and equipped groups across time. More precisely, caregivers perceived no changes in everyday functioning in the equipped group, whereas everyday functioning deteriorated in control participants. In other words, the HomeAssist intervention protected the old frail participants from functional losses. Thus, the present results are in line with research by Tomita and collaborators [Tomita *et al.*, 2007], and by Vincent *et al.* [Vincent *et al.*, 2006] who showed that

their AAL technologies also helped to slow functional degradation. Therefore, it appears that AAL systems are promising interventions for reducing the speed at which functional losses occur, especially in the case of frail individuals as reported in the present study. This assumption is consistent with previous studies showing that environmental support can be a fruitful approach for helping frail individuals to perform ADLs, or even for reducing the progression of functional degradation (e.g., [Mann *et al.*, 1999]). By extension, this supports the recent theoretical frameworks promoting an adaptation of the Environmental Support Hypothesis [Craik, 1986] for the conception of assistive functionalities for older adults [Morrow et Rogers, 2008] as well as for those with dementia [Gillespie *et al.*, 2012; Bharucha *et al.*, 2009].

Also, the discrepancy between elders' self-perceived scores and those attributed by their caregivers deserves consideration. Several explanations can be advanced. First, several studies have shown that aging is associated with a decline in the ability to accurately estimate everyday difficulties [Gold, 2012; Farias *et al.*, 2005; De Winter *et al.*, 2015]. This result highlights the importance of questioning an informal or professional caregiver when assessing older people's difficulties. Note that this conclusion can also be extended to the field of participatory design, for which the design of assistive technologies depends on future users' needs [Demirbilek et Demirkan, 2004; Vredenburg *et al.*, 2002]. Indeed, if older adults underestimate their difficulties, the assistive technologies designed according to self-perceived difficulties may not actually meet their needs, thus leading to partial dissatisfaction and preventing the technology from being adopted [Dupuy *et al.*, 2015]. Second, two distinct scales were used to assess everyday functioning according to the participant's role in the study (older adult vs. caregiver). Thus, potential differences in the psychometric properties of each scale probably contribute to the care-receiver – caregiver discrepancy. In other words, using the IHVA with its 120 items for care-receivers could be more appropriate for stressing a decrease in everyday functioning in control participants.

Overall, based on caregivers' answers, this study is the first whose results agree with the expected outcome of preventing older adults' functional losses, in the case of frail individuals and a multitask- based AAL intervention.

Regarding caregiver-related measures, three results can be highlighted. First, significant negative effects were observed over time, from t_0 to t_6 , on the MBI and the IADL support scales. Such observations are consistent with previous findings showing that caregiver burden increases with care experience [Zarit *et al.*, 1980; Ahola *et al.*, 2014]. Classically, this increased burden with time is explained by tedious working conditions, particularly when care is performed at home (From *et al.*, 2013). What is more, the time-related loss in everyday functioning in older participants may also explain the increase in caregiver burden. Indeed, according to the caregivers themselves, everyday functioning decreased over time for their care-receivers, thus increasing the caregivers' workload. The relationship between caregiver burden and the functional health of the care-recipient is well known in the geriatric litera-

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

ture, notably thanks to studies focusing on the Stress Process model [Pearlin *et al.*, 1990]. Such a relationship has been clearly demonstrated for frail older adults [Lu *et al.*, 2016].

Second, regarding MBI scores as an indicator of subjective professional burden, no effect (including the group effect) reached statistical significance. As a reminder, the MBI assesses perceived psychosocial health at work in terms of emotional exhaustion, depersonalization, and personal accomplishment. Thus, HomeAssist did not significantly reduce caregivers' subjective feelings of professional burden.

Thirdly, and importantly, the assessment of the discomfort of caregivers for supporting IADL showed significant differences over time between equipped and control participants. Results indicated that the increase of burden across time is slighter in the equipped group, highlighting the positive impact of HomeAssist on caregivers' workload for supporting the everyday functioning of their care-recipients.

Taken together, the two latest results suggest that HomeAssist efficacy was more tangible for objective dimension of professional burden compared to its subjective dimension. This conclusion mirrors some findings relative to the distinction between objective and subjective burden of caregivers [Montgomery *et al.*, 2000]. Objective burden refers to perceived infringement on or disruption of tangible aspects of the caregiver's life. The objective burden is related to the symptom gravity of care recipient like functional losses or behavioral problems [Zimmerman *et al.*, 2005]. By contrast, subjective burden refers to both the extent to which the caregiver perceives care to be overly demanding and the emotional impact of caregiving missions [Kleinman *et al.*, 2004]. The subjective burden is often assigned to both internal individual factors (*i.e.*, personality dimensions, life experience, motivation, attitude towards care recipients, education) and organizational factors (*i.e.*, work conditions such as lifting heavy individuals, time stress, work organization, etc.) [Zimmerman *et al.*, 2005]. In this line of research, Auer *et al.* [Auer *et al.*, 2015] have recently built and validated a new scale assessing the multiple dimensions of burden of home caregivers.

In light of the three previous studies, which showed a marked reduction of caregiver burden [Vincent *et al.*, 2006; Russ, 2006; Magnusson et Hanson, 2005], the slowed progression of caregiver burden observed in the present study could be explained by several factors. First, the present study involved professional caregivers instead of family or informal ones. The caregiver's presence at recipient home is less longer for professional caregiver compared to family ones who are the more often the spouse of frail individual. Consequently, the opportunities to experience the AAL tools benefits for care activities are probably lower for professional carers than family one. In other words, the strong home presence of family carers likely ensures an increased accuracy in the estimation of AAL efficacy for recipient, and in turn for caregiver. In a connected way, a second explanation is relied on the measurement method. As we included professional caregivers, the MBI has been used for assessing professional burden while the Zarit scale or "hand-made" interviews have been administered in other studies for a family burden purpose. the use of another measurement tool (*e.g.*, the Zarit or a "hand-made" scale). A final factor could be the very nature of the AAL tool : our platform was primarily designed to meet frail older adults' needs rather than

caregivers' ones. Consequently, the benefits for caregivers are primarily indirect and related to objective dimension of their burden. An AAL tool that focuses more on caregivers' needs could achieve the expected outcome of reducing their burden.

Limitations. Despite encouraging results, some limitations deserve to be mentioned. First, we can site the small size of studied sample, due to the real-life setting of a field study. Indeed, a larger sample would statistically provide a more powerful generalization of the present results. However, such pilot study is a required step before a more robust study with an extended sample.

Second, it would have been interesting to highlight the benefits of using HomeAssist, by including an experimental condition entailing only a single-task assistive technology. Such condition would provide a comparison between our multiple-tasks intervention and a single-task intervention as promoted in silo-based approach. Future studies built with this kind of experimental design would be able to provide a selective and analytical assessment of AAL-based environmental interventions.

A third limitation is related to the duration of HomeAssist intervention, which lasted six months. This duration is limiting for well probing the long-term AAL effects on everyday functioning. Indeed, a longitudinal follow-up over 12 months is frequently reported for demonstrating responsiveness to a non-drug intervention on everyday functioning amongst older samples [Reijnders *et al.*, 2013]. Consequently, a longer intervention period may increase its health outcomes in terms of frail individuals everyday functioning as well as of burden of professional caregivers.

Despite the above-mentioned limitations, the present study has the advantage of deploying in a real-life setting a multi-task AAL platform for six months, and assessing the outcomes both on frail older adults' autonomy and caregiver burden. Also, it is noteworthy that half of the recruited participants lived in rural territories revealing thus, that the HomeAssist platform is technically suitable irrespective of living territory conditions.

8.1.6 Conclusion

This study presented a multi-tasks platform, named HomeAssist, designed to bring assistance in the three domains sensible for frail older individuals : everyday activities, safety, and social participation. We conducted a pilot experimental validation during six months by deploying the HomeAssist platform in real setting, including 32 older adults and their caregivers. The main results showed positive outcomes for our system, in terms of evolution of functional status in frail individuals and the objective dimension of caregiver burden. Therefore, for the first time, it is supported that an AAL is able to provide functional benefits for both frail individuals and professional caregivers.

From a wider perspective, the present study demonstrates the feasibility of designing and deploying a multi-task platform for frail older adults in real setting, while conducting a controlled experimental validation. Hence, AAL devices offer a new research avenue for

8.1. BÉNÉFICES APPORTÉS PAR L'UTILISATION D'UNE AAD

moving forward the field of environmental gerontology (for review, [Annear *et al.*, 2014]). Indeed, the AAL devices provide new opportunities for an appropriateness of services and facilities for coping to the functional losses of frail individuals. This means that the empowerment supported by AAL devices is a bright way for environmental interventions aiming the prolonging of aging in place.

8.1.7 Appendix

	Equipped group		Control group	
	Mean (SD)		Mean (SD)	
	t ₀	t ₆	t ₀	t ₆
IADL [0 - 96]	11.44 (2.19)	11.37 (2.36)	17.56 (3.41)	15.19 (3.29)
IHVA [0 - 360]	309.63 (6.78)	307.31 (6.49)	319.01 (8.93)	298.06 (9.55)
MBI [0 - 31]	19.05 (1.96)	20.12 (1.60)	21.00 (2.68)	21.41 (2.62)
IADL support [0 - 96]	6.62 (1.59)	9.06 (2.82)	7.94 (1.82)	16.50 (2.82)

Tableau 8.2– Pre and Post intervention scores of functional status and caregiver burden measures for each group. M : mean ; SD : standard deviation, IADL : Instrumental Activities of Daily Living ; IHVA : *Inventaire des Habilités pour la Vie en Appartement* ; MBI : Maslach Burnout Inventory.



Les bénéfices attendus en termes de soutien à l'autonomie de l'âgé ont été obtenus uniquement selon l'avis de l'aidant, alors que le fonctionnement quotidien rapporté par les utilisateurs de notre plateforme n'as pas été significativement amélioré au cours du temps comparé au groupe contrôle. Concernant le fardeau de l'aidant, même s'il ne fut pas impacté de manière globale (i.e., le fardeau professionnel ne différait pas significativement entre les deux groupes de sujets), les aidants ont rapporté au bout de 6 mois moins de difficultés à dispenser du soutien dans les AVQ aux participants équipés de la plateforme. Ces résultats ont été discutés en termes d'expressions des difficultés quotidiennes par les âgés, et donc de l'intérêt d'impliquer un aidant dans les mesures d'autonomie. Cette observation souligne l'importance de l'ajout de fonctionnalités à notre plateforme dispensant un soutien plus focalisé sur les aidants.

Au total, ces résultats sont plutôt prometteurs et encourageants concernant l'efficacité globale de notre système d'assistance pour favoriser le maintien à domicile des personnes âgées fragiles ; néanmoins, ils révèlent aussi des aspects perfectibles qui feront d'ailleurs l'objet de la discussion générale (partie 3).



DISCUSSION, LIMITES & PERSPECTIVES

Sommaire

9.1	Synthèse des principaux résultats	190
9.1.1	Identification de la population d'étude et de ses besoins en technologies d'assistance	190
9.1.2	Conception centrée-utilisateur d'une plateforme d'assistance domiciliaire	191
9.1.3	Evaluation de l'efficacité de la plateforme d'assistance domiciliaire . . .	193
9.2	Limites	194
9.2.1	Limites de la validation expérimentale	194
9.2.2	Limites technologiques	195
9.3	Perspectives	197
9.3.1	Une étude populationnelle	197
9.3.2	DomAssist pour les déficients intellectuels	198



Dans cette dernière partie, nous proposons une synthèse générale de l'ensemble des résultats obtenus au cours de notre doctorat. Sur cette base, nous tenterons de dresser le plus exhaustivement possible les limites inhérentes au travail mené. Enfin, pour finir, nous ouvrirons sur les différentes perspectives de recherche qu'ouvre notre travail.

9.1 Synthèse des principaux résultats

9.1.1 Identification de la population d'étude et de ses besoins en technologies d'assistance

Cette première étape de notre travail de recherche avait pour objectif d'identifier les caractéristiques de notre population d'étude et de sonder ses besoins en technologies d'assistance.

Ainsi, la première étude s'est focalisée sur le fonctionnement quotidien et le possible rôle du fonctionnement cognitif comme levier compensatoire au fonctionnement quotidien de notre public cible d'étude : les personnes âgées fragiles. En les comparant à un groupe de personnes âgées physiquement préservées, nous avons pu mettre en exergue le rôle médiateur du fonctionnement cognitif pour maintenir leur niveau de fonctionnement quotidien. Ainsi, cette étude montre l'importance de soutenir les activités quotidiennes de ce public pour soulager leurs efforts cognitifs constants et probablement épuisants comme le révèle la plainte quotidienne rapportée.

Ce résultat fait écho aux nombreuses études épidémiologiques révélant d'une part, le caractère multi-déterminé du fonctionnement quotidien (variables sociodémographiques, variables sociales, *etc.*) (e.g., [Puts *et al.*, 2005]) et, d'autre part le rôle critique du fonctionnement physique (e.g., [Seidel *et al.*, 2011]) dans les activités de vie quotidienne. Aussi, ce résultat est à mettre en relation avec les études montrant qu'avec le vieillissement la composante physique et la composante cognitive se solidarisent pour maintenir un niveau de fonctionnement quotidien optimal (e.g., [Taillade *et al.*, 2013; Lindenberger *et al.*, 2008]).

La seconde étude concernait l'analyse des besoins en technologies d'assistance (TA) pour ce public d'étude et leurs aidants. Les besoins étaient évalués en fonction de leur domaine d'assistance : les activités quotidiennes, la sécurité et le lien social. Ainsi, les résultats ont montré un besoin en TA rapporté par les aidants plus élevé que ne l'explicitent les âgés eux-mêmes, et en adéquation avec leurs difficultés physiques et cognitives. Aussi, une préférence pour les technologies d'assistance à la sécurité a été observée, suivie par celles d'assistance au lien social, qu'elle soit exprimée par la personne âgée ou par son aidant. Ainsi, de manière intéressante, même si cet échantillon présente des difficultés dans les AVQ, il n'exprime pas une priorité critique à ce besoin.

Ces résultats démontrent ainsi la pertinence de réaliser une analyse des besoins préalable au déploiement d'une technologie d'assistance. En effet, comme l'a montré Gillespie dans sa revue systématique [Gillespie *et al.*, 2012] cf. 3.1, la très grande majorité des techno-

9.1. SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

logies d'assistance domiciliaire existantes se focalisent sur l'accompagnement des activités quotidiennes, ne répondant de fait pas aux besoins exprimés par les futurs utilisateurs âgés. Des efforts sont donc à fournir pour proposer un plus grand nombre de solutions technologiques se concentrant sur les dimensions du lien social et de la sécurité (ou proposant une assistance multi-domaine).

Concernant notre méthode de récolte du besoin en TA, un lien peut être fait avec le modèle de pré-déploiement de Peek *et al.* [Peek *et al.*, 2014], *cf.* 4.2. En effet, le modèle montre que les bénéfices attendus par l'utilisation de la technologie (*e.g.*, amélioration de la sécurité, de l'indépendance, réduction du fardeau de l'aidant) sont des facteurs influençant positivement l'acceptabilité pré-implémentation (correspondant donc au besoin en TA). Or, les scénarii d'usage présentés pour récolter le besoin en TA (présentés sous la forme de textes et d'images), malgré tout le soin d'intelligibilité que nous avons déployé dans leur élaboration, ne remplacent pas l'expérience réelle et personnelle des technologies. Un support plus riche tel que des vidéos ou encore une simulation d'usages pourrait mettre plus en avant les bénéfices de l'utilisation des technologies d'assistance et ainsi augmenter le besoin ressenti en phase pré-déploiement et donc l'acceptabilité future des TA.

9.1.2 Conception centrée-utilisateur d'une plateforme d'assistance domiciliaire

La seconde partie de notre travail concernait la conception des différents composants de notre plateforme d'assistance. Ainsi, notre système de vérification d'activités quotidiennes, le système de notification, et le design global de notre plateforme ont été expérimentés.

Précisément, des principes et préconisations de conception ont été proposés pour chacune des fonctionnalités évaluées, ainsi que pour le design global de notre plateforme. Ces principes concernaient notamment la prise en compte de la routine de l'utilisateur, la décomposition et l'unification des notifications délivrées à l'utilisateur, ou encore la favorisation de prise de décision (auto-détermination) de l'utilisateur sur le système.

Puis, les principes proposés ont été mis à l'épreuve lors de déploiements expérimentaux au domicile de participants âgés, sur une durée de six mois, où l'utilisabilité et l'acceptabilité de ces dispositifs étaient évaluées. Egaleme nt, les capacités physiques et cognitives des utilisateurs étaient mises en relation avec la bonne utilisation de ces fonctionnalités, pour en éprouver l'accessibilité en fonction des ressources en présence chez les utilisateurs âgés.

Ces différents déploiements ont ainsi permis d'étayer positivement la conception des fonctionnalités en termes d'utilisabilité et d'acceptabilité pour notre échantillon de personnes âgées fragiles. De plus, la conception globale de notre plateforme, basée sur la Théorie de l'Auto-Détermination, a montré ses preuves car elle est apparue comme améliorant le sentiment d'auto-détermination du bénéficiaire, et influençant positivement l'acceptabilité de la plateforme. Nous avons ainsi reproduit les mêmes résultats que Lee *et*

al. [Lee *et al.*, 2015] avec des participants jeunes.

Globalement, comme le prouvent les différents modèles de conception de TA (e.g., [Rogers et Fisk, 2010], nos résultats ont montré l'importance de considérer les caractéristiques particulières des personnes âgées fragiles. Ainsi, la conception de systèmes d'assistance doit prendre en compte le fonctionnement quotidien (e.g., les aspects de routinisation), les ressources cognitives déclinantes (obligeant à une simplification des interfaces telle que le principe d'unification des notifications que nous avons adopté). Mais, en supplément de ces nombreux facteurs identifiés par les deux auteurs, nos résultats mettent en avant l'aspect primordial de la prise en compte du sentiment d'auto-détermination dans les objectifs de conception, pour ainsi en favoriser l'acceptabilité 9.1.

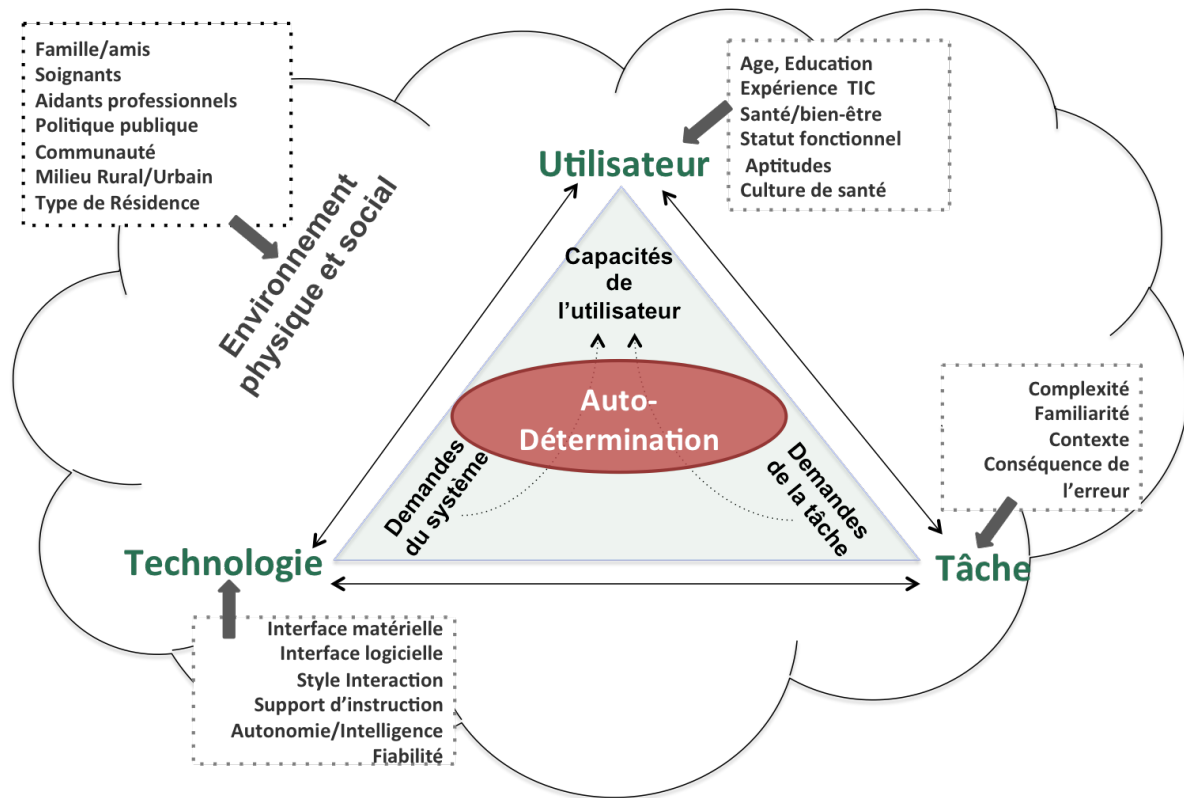


FIGURE 9.1– Adaptation du modèle de Rogers & Fisk [Rogers et Fisk, 2010], incluant la prise en compte de l'auto-détermination au centre du processus de conception de gérontechnologies

9.1.3 Evaluation de l'efficacité de la plateforme d'assistance domiciliaire

Nos dernières investigations se sont focalisées sur les effets de notre plateforme sur l'autonomie domiciliaire des utilisateurs et le fardeau de leurs aidants.

Ainsi, un groupe équipé de notre plateforme pendant six mois a été comparé à un groupe contrôle apparié sur des mesures du fonctionnement quotidien (*i.e.*, une mesure rapportée par le participant et une mesure relevant l'avis de son aidant), et sur le fardeau de leur aidant (une mesure portait sur le fardeau professionnel, et l'autre sur le fardeau dans l'assistance au participant âgé en particulier).

Nos résultats ont montré des effets contrastés mais toutefois encourageants, concernant nos mesures de l'autonomie domiciliaire. Effectivement, aucune différence pré-/post intervention DomAssist n'est significativement exprimée par les âgés eux-mêmes, au cours du temps. En revanche, selon l'avis de l'aidant, le statut fonctionnel du groupe contrôle diminuait au cours du temps, alors qu'il demeurait stable chez le groupe équipé.

Ces effets observés pour l'autonomie peuvent être mis en lien avec les divergences souvent constatées entre différentes mesures du fonctionnement quotidien (*cf.* 2.2.4), qui peuvent être dues à plusieurs facteurs tels que des difficultés de métacognition ou un effet de désirabilité sociale (*e.g.*, [De Winter *et al.*, 2015] ou également comme nous l'avons montré dans l'étude 1 à la mise en place de stratégies de compensation permettant de maintenir leur fonctionnement quotidien objectif. Concernant le fardeau de l'aidant, une seule des deux mesures du fardeau de l'aidant a été significativement impactée par la plateforme (*i.e.*, le fardeau dans l'assistance au participant âgé). Ces résultats soulèvent l'importance de prendre en compte les aidants et leur fardeau dans la conception de technologies d'assistance domiciliaire, en proposant des fonctionnalités d'assistance plus focalisées sur leurs difficultés et l'accompagnement qu'ils fournissent au bénéficiaire âgé (comme l'a proposé notamment l'équipe de Magnusson pour leur projet ACTION, [Magnusson et Hanson, 2012]). De plus, ces résultats contrastés peuvent être expliqués par le temps d'intervention. En effet, une durée de six mois de déploiement peut être considérée comme relativement courte, pour une étude d'intervention non-médicamenteuse. Par exemple, dans leur étude, Tomita *et al.* [Tomita *et al.*, 2007] ont déployé pendant 2 ans leur plateforme d'assistance au domicile de 47 participants âgés, pour des effets obtenus comme les nôtres : la plateforme a permis de maintenir pour le groupe équipé le score à une échelle IADL, en comparaison avec le groupe contrôle, mais d'autres mesures n'ont pas été impactées par la plateforme. Ou encore, l'étude populationnelle d'entraînement cognitif ACTIVE (*Advanced Cognitive Training for Independent and Vital Elderly*) [Willis *et al.*, 2006] impliquant plus de 2 000 participants âgés cognitivement préservés, n'a obtenu des effets de leur entraînement sur le statut fonctionnel des âgés qu'au bout de 5 ans.

9.2 Limites

Avec le recul de nos trois années de doctorat, certaines limites à notre travail doivent être mentionnées, comme pistes futures d'amélioration qui pourraient y être apportées. Les limites peuvent être regroupées en deux grandes catégories : 1) les limites relatives au protocole de validation expérimentale ; et 2) les limites techniques liées à la plateforme.

9.2.1 Limites de la validation expérimentale

Trois principales limites liées à la validation expérimentale peuvent être soulevées : notre échantillon d'étude, les mesures effectuées, et la durée de l'étude.

Tout d'abord, une première limite à soulever concerne notre échantillon d'étude. En effet, l'effectif de nos deux groupes de sujets s'élève à un total de 24 participants chacun, dont 17 en situation de fragilité. Même si pour une étude de ce type de validation expérimentale de système d'assistance cette taille d'échantillon est déjà conséquente, une taille d'échantillon plus étendue rendrait plus fiable la généralisation de nos résultats.

Il est tout de même à noter que la phase de recrutement a été particulièrement délicate, étant donné qu'une bonne partie des personnes âgées ou leurs aidants proches rencontrés se montrait plutôt réticente à participer à un projet de recherche portant sur une technologie d'assistance. Pour donner un ordre d'idée, la proportion d'accord de participation par rapport au nombre de visites a été d'environ une personne sur quatre, et en ce sens la phase de recrutement prenait environ un mois et demi par secteur géographique investi. Nous avons également dû faire face à quelques abandons et notamment dans le groupe contrôle (qui n'avait pas la possibilité de bénéficier de notre plateforme) Heureusement, ces quelques abandons n'ont pas compromis l'appariement entre nos deux groupes de sujets.

Ces difficultés de recrutement peuvent être mises en relation avec les études mettant en lumière, d'une part, la technophobie chez les personnes âgées, et d'autre part, les stéréotypes sociaux intergénérationnels sur l'utilisation des nouvelles technologies chez les personnes âgées [Bharucha *et al.*, 2009; Chen et Chan, 2011, 2014]. Ces freins résistent encore malgré les récentes études révélant que les personnes âgées sont tout à fait en mesure de maîtriser l'utilisation de nouvelles technologies telles que les tablettes tactiles [Findlater *et al.*, 2013; Nicolau et Jorge, 2012] ou la navigation Internet [Sevilla *et al.*, 2007].

Une deuxième limite porte sur les mesures comportementales effectuées. En effet, certaines mesures pourraient être ajoutées pour avoir une vision plus précise de la situation de notre échantillon d'étude, et pour identifier plus finement les bénéfices apportés par notre plateforme en termes de fonctionnement quotidien. Par exemple, l'étude de médiateurs cognitifs spécifiques (*e.g.*, fonctions exécutives, mémoire, cognition sociale) connus comme étant sensibles aux effets de l'âge [Birren et Schaie, 2006; Salthouse, 2012] pourrait renseigner leur rôle dans les bénéfices apportés sur le fonctionnement quotidien des personnes

9.2. LIMITES

équipés. Aussi, à la lumière du modèle CIF (*cf.* 2.2.2) des mesures de qualité de vie et donc de santé perçue pourraient enrichir l'analyse de l'impact de la plateforme DomAssist sur les bénéficiaires. En effet, l'association entre des bénéfices de santé perçue et de fonctionnement quotidien étayerait davantage l'efficacité thérapeutique d'une solution telle que DomAssist. De la même manière, le recensement d'autres indicateurs de santé tels que la consommation de soins, le nombre de jours d'hospitalisation constituerait des arguments supplémentaires en faveur de l'efficacité thérapeutique de notre AAD.

Enfin, une dernière limite à soulever est relative à la durée de l'étude. En effet, même si sur une durée de six mois des résultats encourageants ont été observés, une étude sur un plus long terme permettrait d'évaluer le maintien de ces bénéfices, voire l'apparition de nouveaux effets, uniquement observés sous la forme de tendances durant notre étude. Ainsi, nous pourrions proposer un suivi longitudinal sur une plus longue période, avec au moins trois points de mesures : pré-intervention, en cours d'intervention, et en fin de protocole expérimental. En effet, comme discuté plus haut, dans le cas d'interventions non-médicamenteuses, les effets attendus en termes de fonctionnement quotidien surviennent généralement sur une période de temps plus longue, pouvant aller jusqu'à cinq ans (*e.g.*, [Willis *et al.*, 2006]).

Ces limites sont évidemment inhérentes à toute étude pilote et sont un passage obligé pour sonder la faisabilité ainsi que le potentiel éventuel d'une intervention quelle qu'elle soit. Après cette étape pilote, et pour répondre à ses limites, une étude à grande échelle est actuellement mise en place en collaboration avec l'ISPED, et en particulier l'équipe «psycho-épidémiologie du vieillissement» (voir ci-après les perspectives).

9.2.2 Limites technologiques

Concernant les limites liées aux fonctionnalités technologiques, trois peuvent être soulevées : la quantité d'applications d'assistance proposées, la fiabilité du système, et les données d'utilisation récoltées.

Tout d'abord, une limite concerne le panel d'applications proposées. En effet, bien que notre plateforme parvienne à couvrir les trois domaines d'assistance, seul un petit ensemble de services ont été déployés et testés lors de cette étude pilote. Ainsi, de nouvelles applications pourraient enrichir le catalogue actuel pour soutenir le maintien de l'autonomie domiciliaire de nos participants âgés. Notamment, comme souligné dans notre dernière étude, des applications favorisant l'accompagnement et l'implication plus importante des aidants seraient pertinentes pour réduire leur fardeau. Par exemple, des applications fournissant à l'aidant un rapport détaillé des activités (de type IADL ou BADL) réalisées par la personne âgée (à l'instar de Lively, www.mylively.com), donnant la possibilité de gérer à distance les rappels dispensés par la tablette et la personnalisation des applications d'assistance délivrées

à la personne âgée, ou encore proposant un contenu multimédia (e.g., vidéos éducatives explicitant les techniques de maintenance de la plateforme, carnet d'adresse de structures de répit) pour améliorer leurs techniques d'assistance (comme ce fut le cas dans l'étude de [Magnusson et Hanson, 2012]) ; impliqueraient davantage les aidants, moderniseraient leurs missions d'accompagnement à domicile, et ainsi pourraient potentiellement réduire leur fardeau.

De plus, de nouvelles applications d'assistance à la personne âgée en perte plus importante d'autonomie, telles qu'un détecteur de chutes ou un pilulier connecté ; permettraient de proposer notre dispositif à un plus grand nombre de besoins. Il serait notamment envisageable d'inclure de nouveaux dispositifs tels que des capteurs portés (e.g., bracelets connectés, électrodes épidermiques, capteurs inclus dans les vêtements ; [McAdams *et al.*, 2011] ou d'autres types de capteurs ambiants (e.g., caméras, dalles de détection, capteurs de pression ; [Rashidi et Mihailidis, 2013]) pour assurer la récolte de données complémentaires d'actimétrie et ainsi dispenser une assistance prenant en compte encore plus finement le contexte et son utilisateur (conscience de la situation). Il est d'ailleurs à noter que grâce à notre méthodologie d'orchestration des capteurs et actionneurs dispensée par la solution DiaSuite¹, ces améliorations seraient grandement facilitées et rapidement développables [Kabáč et Consel, 2016].

Ensuite, des difficultés ont été rencontrées vis-à-vis de la fiabilité du système. Sans que celle-ci soit remise en cause de manière critique, une perte de connexion Internet a parfois été observée, ainsi qu'une déconnexion des tablettes au réseau Internet domiciliaire. A cela, nous avons dû faire face à quelques dysfonctionnements de certains capteurs que nous avons dû remplacer. Etant donné que toute notre infrastructure d'orchestration d'objets communicants est gérée à distance depuis des serveurs situés dans les locaux de notre institut de recherche, ces pertes de connexion ou de capteurs pour un passage à l'échelle doivent être systématiquement comptabilisées (fréquence, durée) afin de délivrer un chiffrage probabiliste des risques d'interruption de service. En ce sens, les AAD doivent être vues et appréhendées comme un système socio-technique complexe impliquant notamment une analyse fiabiliste des risques techniques.

Pour finir, une dernière limite concerne les données d'interaction récoltées par notre plateforme par rapport à l'utilisation des tablettes. En effet, pour cette phase pilote, seules quelques informations d'interaction ont été récoltées (*i.e.*, nombre de notifications envoyées et temps de réponse à celles-ci, utilisation du bouton de « pause », nombre de mails reçus et envoyés). Des données plus nombreuses et plus détaillées (e.g., précision du pointage tactile, longueur des messages électroniques, scores et temps de réaction aux différents jeux de la tablette secondaire) permettraient une évaluation plus riche de l'utilisabilité du système, et pourraient même fournir des informations relatives à la condition de l'utilisateur (par exemple, [Jimison *et al.*, 2007] ont obtenus des relations significatives entre les capacités

1. <http://phoenix.inria.fr/research-projects/diasuite>

9.3. PERSPECTIVES

cognitives d'utilisateurs âgés et les scores de jeux en lignes tels que le Solitaire ou un jeu de Memory).

9.3 Perspectives

Les résultats encourageants obtenus lors nos travaux pilotes ont permis d'ouvrir la voie vers différentes perspectives, et en particulier : une étude populationnelle impliquant des personnes âgées fragiles, une adaptation de la plateforme pour soutenir l'autonomie domiciliaire de jeunes adultes avec Trisomie 21, et des perspectives de travail futur relatives aux différentes disciplines associées à la conception de technologies d'assistance domiciliaire.

9.3.1 Une étude populationnelle

Pour faire face aux limites de l'étude pilote portant sur l'efficacité thérapeutique et poursuivre le processus de validation de notre plateforme, une étude populationnelle, financée par un fond de recherche européen, est en cours d'expérimentation². Dans cette validation à grande échelle incluant 1000 participants, les participants équipés de DomAssist seront au nombre de 500 personnes âgées. Les principaux critères d'inclusion sont : avoir plus de 70 ans, vivre seul et répondre aux critères de fragilité (échelle SEGA, [Schoevaerdt et al., 2004]). Les participants seront recrutés à la fois en Gironde, mais aussi en Dordogne, dans les Landes et dans les Pyrénées Atlantiques. En partenariat avec l'ISPED, et en particulier l'équipe INSERM-U1219-Psychoépidémiologie du vieillissement, l'étude clinique sera réalisée de manière indépendante à l'équipe Inria Phoenix.

Le protocole expérimental se déroulera sur une période de 12 mois, avec des mesures réalisées pré-intervention, au bout de six mois (efficacité avant/après) et à 12 mois (maintien des bénéfices).

Les outils utilisés pour l'évaluation des bénéfices de DomAssist ont eux aussi été enrichis, et sondent quatre grandes dimensions :

- *La qualité de vie, le sentiment de contrôle et de sécurité*; avec notamment de nouvelles mesures évaluant la dépression, la qualité de vie, le sentiment d'auto-efficacité et la personnalité des sujets
- *Le statut fonctionnel au quotidien*; incluant de nouvelles mesures du fonctionnement quotidien, ainsi que des mesures de la qualité du sommeil, de la nutrition, un bilan moteur et des maladies chroniques
- *Le fonctionnement cognitif*; évaluant de manière plus détaillée les fonctions exécutives, la mémoire, et la plainte cognitive

2. <http://phoenix.inria.fr/research-projects/homeassist-500>

- *Les besoins et l'acceptabilité de DomAssist* ; comprenant les mêmes mesures qu'utilisées pour l'étude pilote présentée dans cette thèse.

Les critères de réussites sont les suivants : 1) Diminution du nombre de jours d'hospitalisation et d'entrées en EHPAD ; 2) Amélioration de l'autonomie dans les activités de la vie quotidienne ; 3) Diminution de la plainte cognitive et amélioration du fonctionnement cognitif ; 4) Amélioration du sentiment de sécurité et de contrôle ; 5) Amélioration du bien-être et de la qualité de vie du bénéficiaire et des aidants ; et 6) Amélioration de l'acceptabilité de DomAssist.

D'un point de vue technique, cette étude populationnelle implique aussi des améliorations inhérentes à la plateforme. En effet, afin d'être déployable à grande échelle, la fiabilité et la robustesse du système nécessitaient d'être optimisées. Notamment, auparavant très généraliste (*i.e.*, permettant une grande variété de fonction indépendantes de l'assistance domiciliaire), la plateforme a été repensée pour être plus efficace et réactive en prévision d'un nombre élevé d'utilisateurs. En outre, la méthodologie de récupération des données récoltées par les capteurs a été reconsidérée, pour être plus fiable.

De plus, pour être au plus près des besoins de cette plus nombreuse et hétérogène population, de nouvelles applications d'assistance ont également été conçues. Elles incluent notamment une surveillance de la cuisinière, un système de télésurveillance, ou encore un pilulier connecté.

9.3.2 DomAssist pour les déficients intellectuels

Une seconde perspective par rapport à ce projet pilote concerne l'adaptation de notre plateforme pour soutenir l'accès à l'autonomie domiciliaire des jeunes adultes avec Trisomie 21³. En effet, les personnes avec Trisomie 21 présentent des déficiences intellectuelles qui sont à l'origine de difficultés rencontrées dans de nombreuses activités du quotidien, telles que la réalisation de certaines activités quotidiennes et de communication. Ainsi, la plateforme devra s'adapter pour prendre en compte les spécificités de cette population, adaptant les applications d'assistance existantes, et en en proposant de nouvelles en termes notamment de planification et d'exécution de tâches. De fait, le projet devra répondre à plusieurs objectifs :

- déterminer les obstacles de cette population à l'autonomie domiciliaire et récolter les besoins de ce public et de leurs aidants
- développer et adapter les services proposés par DomAssist par le biais d'une conception participative impliquant les personnes avec Trisomie 21 mais aussi les familles et des professionnels

3. <http://phoenix.inria.fr/research-projects/185>

9.3. *PERSPECTIVES*

- évaluer l'efficacité des services proposés grâce à un déploiement expérimental réalisé sur 12 mois au domicile de jeunes adultes avec Trisomie 21 acquérant leur indépendance, par le biais d'outils psychométriques. Les effets attendus concernent la qualité de vie et l'autonomie domiciliaire des participants.

CONCLUSION GÉNÉRALE & OUVERTURES MULTIDISCIPLINAIRES

10.1 Conclusion générale

L'objectif de ce travail doctoral était de proposer une méthodologie de conception et de validation expérimentale d'une assistance numérique domiciliaire pour les personnes âgées en perte d'autonomie, et en particulier présentant les caractéristiques de fragilité.

Dans ce contexte, des personnes âgées fragiles physiquement ont été évaluées en termes de capacités physiques, cognitives et fonctionnelles. Nous avons pu observer que ces personnes maintiennent leur fonctionnement quotidien au prix d'un effort cognitif (compensation cognitive) associé à une plainte subjective quant à leur fonctionnement quotidien. Le besoin en technologie d'assistance a ensuite été sondé auprès de ce public et de son entourage. Nos résultats ont ici montré que les besoins rapportés, bien que plus important du côté des aidants, concernaient les trois domaines sensibles du vieillissement (*i.e.*, les activités quotidiennes, la sécurité, et le lien social) avec une priorité donnée à la sécurité et au lien social.

Sur la base de cette analyse des capacités en présence et des besoins d'assistance, un design de notre plateforme d'assistance a été explicité avec pour originalité une offre de services multi-tâches et multi-domaines de besoins promouvant l'auto-détermination et s'appuyant d'une part, sur un système de surveillance d'activités pour délivrer des assistances dites « *context-aware* » et d'autre part, sur un système d'interaction homme-machine unifié et simplifié pour être accessible et utilisable par le public ciblé. Ce design a testé *in situ* par des utilisateurs âgés en termes d'utilisabilité, d'acceptabilité et d'auto-détermination induite. Les résultats de trois études menées en ce sens, ont étayé la fiabilité du système de surveillance d'activités, et renforcé le bien-fondé de nos principes de conception concernant

10.2. OUVERTURES MULTIDISCIPLINAIRES

le système unifié d'interaction ; et le soutien de l'auto-détermination. Notamment un rendu positif concernant l'utilisabilité et l'acceptabilité du système, et un effet bénéfique sur les dimensions de l'auto-détermination des utilisateurs âgés ont été obtenus.

En se basant sur cette assise ergonomique, la dernière étape de notre travail a consisté à valider l'efficacité de cette plateforme d'assistance domiciliaire, c'est-à-dire à évaluer les bénéfices apportés en termes de maintien des capacités fonctionnelles des âgés, et de réduction du fardeau de l'aidant. Ainsi, un groupe de participants âgés fragiles bénéficiant de notre plateforme a été comparé en termes de statut fonctionnel sur une période de six mois, à un groupe d'âgés contrôles appariés. Le fardeau des aidants de ces deux groupes de sujets a également été récolté. Les résultats obtenus ont été en faveur d'un effet positif de notre plateforme sur statut fonctionnel des participants (effet « protecteur » observé), et sur la réduction du fardeau objectif de leur aidant.

Au total, les résultats de ce travail pilote sont prometteurs et offrent un socle solide à de futures recherches en psychologie du vieillissement, en ergonomie cognitive et sciences numériques, pour permettre de dispenser cette plateforme au plus grand nombre et à d'autres populations d'études.

D'un point de vue sociétal, les gérontechnologies participeront probablement aux progrès attendus pour adapter, moderniser et améliorer la politique de gestion du maintien à domicile des âgés ; et ainsi favoriser le vieillissement réussi. En ce sens, les gérontechnologies pourront être l'un des bras armés de la Gérontologie Environnementale sous réserve qu'au préalable leur conception et validation répondent aux standards scientifiques.

10.2 Ouvertures multidisciplinaires

Ainsi, de nombreux enjeux et avenues de recherche associés ont été mis en lumière, et ce pour les domaines disciplinaires parties prenantes de tels dispositifs : la santé, les Facteurs Humains et l'ergonomie, et les sciences du numérique.

- *Santé* : sur ce volet, motif initial du développement des AAD, la mise en place de technologies d'assistance domiciliaire ouvre de nouvelles voies de perfectionnement de la prévention, du dépistage et du soin des pathologies du vieillissement (e.g., syndrome démentiel) . Par exemple, dans le cadre du dépistage de la maladie d'Alzheimer, il a été montré que la détérioration sélective de certaines activités instrumentales pouvait prédire 10 ans à l'avance la survenue de la maladie d'Alzheimer [Péres *et al.*, 2008]. Une AAD dotée d'un service de monitoring des activités quotidienne pourrait permettre la détection précoce de modifications des activités quotidiennes. Par ailleurs, ces dispositifs permettront également de personnaliser ou individualiser les programmes d'intervention, et donc de mieux prendre en charge les déclin sur plusieurs volets [Amieva *et al.*, 2015], comprenant notamment la participation sociale, le fonctionnement quotidien, ou le bien-être psychosocial.

- *les Facteurs Humains et Ergonomie* : Comme mentionné dans le modèle de Rogers & Fisk [Rogers et Fisk, 2010], toute assistance s'introduit auprès d'un utilisateur qui lui-même est acteur dans un système socio-organisationnel préexistant. Il est évident que l'introduction d'une AAD a le potentiel d'impacter les activités de tous les organisations en lien avec le domaine du maintien à domicile. A titre d'exemple, les AAD sont en mesure de modifier ou créer de nouveaux modèles d'assistance en s'appuyant sur des applications dédiées à diverses tâches telles que la centralisation des rendez-vous et leur rappel, l'accès à de multiples services de conciergerie, l'accès simplifié aux services d'assistance d'urgence et de conseils médicaux (SAMU, pompier, téléassistance), la coordination, la régulation et le suivi des interventions à domicile, leur évaluation par des enquêtes simplifiées de satisfaction auprès du bénéficiaire, etc. Des études devront s'atteler à renseigner l'impact des AAD sur les organisations et métiers autour du maintien à domicile, et notamment en termes de gains médico-socio-économique qu'elles apporteront. Au niveau plus individuel, des études portant sur les AAD doivent encore être menées pour perfectionner les techniques de recueil du besoin en TA, d'évaluation de l'utilisabilité et d'acceptabilité des services proposés, et d'intégration de ces systèmes dans le quotidien des utilisateurs âgés.
- *Sciences du numérique* : dans ce domaine, les avenues de recherches sont aussi multiples : la fiabilisation des services d'assistance 24/24 et 7/7 ; la réduction les erreurs des systèmes AAD (fausses alertes, non détection de situations non désirées) ; la gestion des flux et masses de données générés par ces services ; la sécurisation des accès et la protection des données privées, etc.

Ainsi, toutes ces questions et enjeux scientifiques à venir mettent en exergue les promesses que peuvent apporter le domaine des gérontechnologies, mais aussi les efforts qu'il reste encore à fournir pour proposer des technologies d'assistances domiciliaires qui soient fiables, accessibles, acceptées et adoptées par la population âgée.

BIBLIOGRAPHIE

- Abowd, G. D. et Mynatt, E. D. (2004). Designing for the human experience in smart environments. *Smart environments : technologies, protocols, and applications*, pages 151–174. (voir page 122)
- Agree, E. M., Freedman, V. A., Cornman, J. C., Wolf, D. A. et Marcotte, J. E. (2005). Reconsidering substitution in long-term care : when does assistive technology take the place of personal care ? *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 60(5):S272–S280. (voir page 159)
- Aguilar-Navarro, S., Gutiérrez-Robledo, L., García-Lara, J., Payette, H., Amieva, H. et Avila-Funes, J. (2011). The phenotype of frailty predicts disability and mortality among mexican community-dwelling elderly. *The Journal of frailty & aging*, 1(3):111–117. (voir page 169)
- Aguilova, L., Sauzéon, H., Balland, É., Consel, C. et N ?Kaoua, B. (2014). Grille aggir et aide à la spécification des besoins des personnes âgées en perte d ?autonomie. *Revue Neurologique*, 170(3):216–221. (voir pages 72 and 148)
- Ahola, K., Hakanen, J., Perhoniemi, R. et Mutanen, P. (2014). Relationship between burnout and depressive symptoms : a study using the person-centred approach. *Burnout Research*, 1(1):29–37. (voir pages 181 and 184)
- Al-Shaqi, R., Mourshed, M. et Rezgui, Y. (2016). Progress in ambient assisted systems for independent living by the elderly. *SpringerPlus*, 5(1):1. (voir page 33)
- Albert, M. S., DeKosky, S. T., Dickson, D., Dubois, B., Feldman, H. H., Fox, N. C., Gamst, A., Holtzman, D. M., Jagust, W. J., Petersen, R. C. *et al.* (2011). The diagnosis of mild cognitive impairment due to alzheimer’s disease : Recommendations from the national institute on aging-alzheimer’s association workgroups on diagnostic guidelines for alzheimer’s disease. *Alzheimer’s & Dementia*, 7(3):270–279. (voir page 132)
- Allaire, J. C. et Marsiske, M. (2002). Well-and ill-defined measures of everyday cognition : relationship to older adults’ intellectual ability and functional status. *Psychology and aging*, 17(1):101–115. (voir page 106)

- Alwan, M., Rajendran, P. J., Kell, S., Mack, D., Dalal, S., Wolfe, M. et Felder, R. (2006). A smart and passive floor-vibration based fall detector for elderly. *In 2006 2nd International Conference on Information & Communication Technologies*, volume 1, pages 1003–1007. IEEE. (voir page 32)
- Amieva, H., Robert, P. H., Grandoulier, A.-S., Meillon, C., De Rotrou, J., Andrieu, S., Berr, C., Desgranges, B., Dubois, B., Girtanner, C. *et al.* (2015). Group and individual cognitive therapies in alzheimer’s disease : the etna3 randomized trial. *International Psychogeriatrics*, pages 1–11. (voir pages 145 and 201)
- Angermeyer, M. C., Bull, N., Bernert, S., Dietrich, S. et Kopf, A. (2006). Burnout of caregivers : a comparison between partners of psychiatric patients and nurses. *Archives of psychiatric Nursing*, 20(4):158–165. (voir pages 17 and 171)
- Annear, M., Keeling, S., Wilkinson, T., Cushman, G., Gidlow, B. et Hopkins, H. (2014). Environmental influences on healthy and active ageing : A systematic review. *Ageing and Society*, 34(04):590–622. (voir page 187)
- Arning, K. et Ziefle, M. (2007). Understanding age differences in pda acceptance and performance. *Computers in Human Behavior*, 23(6):2904–2927. (voir pages 54 and 58)
- Arreola, I., Morris, Z., Francisco, M., Connelly, K., Caine, K., White, G. et Hall, M. (2014). From Checking On to Checking In : Designing for Low Socio-Economic Status Older Adults. *In CHI 2014*, pages 1933–1936, Toronto. (voir page 143)
- Artero, S., Touchon, J. et Ritchie, K. (2001). Disability and mild cognitive impairment : a longitudinal population-based study. *International journal of geriatric psychiatry*, 16(11): 1092–1097. (voir pages 17 and 79)
- Atkinson, H. H., Rosano, C., Simonsick, E. M., Williamson, J. D., Davis, C., Ambrosius, W. T., Rapp, S. R., Cesari, M., Newman, A. B., Harris, T. B. *et al.* (2007). Cognitive function, gait speed decline, and comorbidities : the health, aging and body composition study. *The Journals of Gerontology Series A : Biological Sciences and Medical Sciences*, 62(8):844–850. (voir page 89)
- Au, A., Ng, E., Garner, B., Lai, S. et Chan, K. (2015). Proactive aging and intergenerational mentoring program to promote the well-being of older adults : pilot studies. *Clinical Gerontologist*, 38(3):203–210. (voir page 172)
- Auer, S., Graessel, E., Viereckl, C., Kienberger, U., Span, E. et Luttenberger, K. (2015). Professional care team burden (pctb) scale–reliability, validity and factor analysis. *Health and quality of life outcomes*, 13(1):1. (voir page 185)
- Augusto, J., Martin, S., Mulvenna, M., Carswell, W. et Zheng, H. (2010). Holistic night-time care. *Gerontechnology*, 9(2):109–110. (voir page 88)

BIBLIOGRAPHIE

- Augusto, J., Mulvenna, M., Zheng, H., Wang, H., Martin, S., McCullagh, P. et Wallace, J. (2014). Night optimised care technology for users needing assisted lifestyles. *Behaviour & Information Technology*, 33(12):1261–1277. (voir pages 32, 33, 41, and 46)
- Ávila-Funes, J. A., Helmer, C., Amieva, H., Barberger-Gateau, P., Le Goff, M., Ritchie, K., Portet, F., Carrière, I., Tavernier, B., Gutiérrez-Robledo, L. M. *et al.* (2008). Frailty among community-dwelling elderly people in france : the three-city study. *The Journals of Gerontology Series A : Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(10):1089–1096. (voir pages 69, 72, and 170)
- Ávila-Funes, J. A., Pina-Escudero, S., Aguilar-Navarro, S., Gutierrez-Robledo, L., Ruiz-Arregui, L. et Amieva, H. (2011). Cognitive impairment and low physical activity are the components of frailty more strongly associated with disability. *The journal of nutrition, health & aging*, 15(8):683–689. (voir page 170)
- Avlund, K., Vass, M. et Hendriksen, C. (2003). Onset of mobility disability among community-dwelling old men and women. the role of tiredness in daily activities. *Age and ageing*, 32(6):579–584. (voir pages 17 and 79)
- Bäckman, L. et Dixon, R. A. (1992). Psychological compensation : a theoretical framework. *Psychological bulletin*, 112(2):259. (voir pages 9 and 47)
- Baddeley, A. (2010). Working memory. *Current biology*, 20(4):R136–R140. (voir page 8)
- Baecker, R., Sellen, K., Crosskey, S., Boscart, V. et Barbosa Neves, B. (2014). Technology to reduce social isolation and loneliness. In *Proceedings of the 16th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*, pages 27–34. ACM. (voir pages 33, 34, and 42)
- Baecker, R. M., Moffatt, K. et Massimi, M. (2012). Technologies for aging gracefully. *interactions*, 19(3):32. (voir pages 25, 28, 90, 96, and 171)
- Baltes, P. B., Baltes, M., Freund, A. et Lang, F. (1999). *The measurement of selection, optimization, and compensation (SOC) by self report : Technical report 1999*. Max-Planck-Institut für Bildungsforschung. (voir pages 91, 96, and 144)
- Baltes, P. B. et Baltes, M. M. (1990). Psychological perspectives on successful aging : The model of selective optimization with compensation. *Successful aging : Perspectives from the behavioral sciences*, 1(1):1–34. (voir pages 9, 48, 80, and 89)
- Baltes, P. B., Freund, A. M. et Li, S.-C. (2005). *The psychological science of human ageing*. Cambridge University Press. (voir page 9)

- Barulli, D. et Stern, Y. (2013). Efficiency, capacity, compensation, maintenance, plasticity : emerging concepts in cognitive reserve. *Trends in cognitive sciences*, 17(10):502–509. (voir page 10)
- Beier, G. (1999). Locus of control when interacting with technology. *Report Psychologie*, 24:684–693. (voir page 64)
- Belleville, S., Gilbert, B., Fontaine, F., Gagnon, L., Ménard, É. et Gauthier, S. (2006). Improvement of episodic memory in persons with mild cognitive impairment and healthy older adults : evidence from a cognitive intervention program. *Dementia and geriatric cognitive disorders*, 22(5-6):486–499. (voir page 20)
- Bendayan, M., Bibas, L., Levi, M., Mullie, L., Forman, D. E. et Afilalo, J. (2014). Therapeutic interventions for frail elderly patients : part ii. ongoing and unpublished randomized trials. *Progress in cardiovascular diseases*, 57(2):144–151. (voir page 172)
- Bergua, V. et Bouisson, J. (2008). Vieillesse et routinisation : une revue de la question. *Psychologie & NeuroPsychiatrie du vieillissement*, 6(4):235–243. (voir page 107)
- Bergua, V., Bouisson, J., Dartigues, J.-F., Swendsen, J., Fabrigoule, C., Pérès, K. et Barberger-Gateau, P. (2013). Restriction in instrumental activities of daily living in older persons : Association with preferences for routines and psychological vulnerability. *The International Journal of Aging and Human Development*, 77(4):309–329. (voir pages 104 and 107)
- Bharucha, A. J., Anand, V., Forlizzi, J., Dew, M. A., Reynolds III, C. F., Stevens, S. et Watclar, H. (2009). Intelligent assistive technology applications to dementia care : Current capabilities, limitations and future challenges. *American Journal of Geriatric Psychiatry*, 17(2):88–104. (voir pages 92, 105, 107, 184, and 194)
- Birren, J. E. et Schaie, K. W. (2006). *Handbook of the psychology of aging*, volume 6. Academic Press. (voir pages 7 and 194)
- Blaschke, C. M., Freddolino, P. P. et Mullen, E. E. (2009). Ageing and technology : A review of the research literature. *British Journal of Social Work*, 39(4):641–656. (voir page 43)
- Bouisson, J. (2002). Routinization preferences, anxiety, and depression in an elderly french sample. *Journal of Aging Studies*, 16(3):295–302. (voir pages 91, 110, 122, 147, 151, 172, and 176)
- Brajnik, G. et Giachin, C. (2014). Using sketches and storyboards to assess impact of age difference in user experience. *International Journal of Human-Computer Studies*, 72(6):552–566. (voir page 43)

BIBLIOGRAPHIE

- Brangier, E. et Bastien, J. C. (2010). 12. l'évolution de l'ergonomie des produits informatiques : accessibilité, utilisabilité, émotionnalité et influençabilité. In *Ergonomie, conception de produits et services médiatisés*, pages 307–328. Presses Universitaires de France. (voir page 51)
- Bravell, M. E., Zarit, S. H. et Johansson, B. (2011). Self-reported activities of daily living and performance-based functional ability : a study of congruence among the oldest old. *European Journal of Ageing*, 8(3):199–209. (voir pages 79 and 88)
- Braver, T. S. et West, R. (2008). Working memory, executive control, and aging. *The handbook of aging and cognition*, 3:311–372. (voir page 178)
- Brownsell, S. et Hawley, M. S. (2004). Automatic fall detectors and the fear of falling. *Journal of telemedicine and telecare*, 10(5):262–266. (voir page 171)
- Bruininks, R. H. (1984). Scales of independent behavior. (voir page 14)
- Burton, C. L., Strauss, E., Bunce, D., Hunter, M. A. et Hultsch, D. F. (2009). Functional abilities in older adults with mild cognitive impairment. *Gerontology*, 55(5):570–581. (voir pages 79 and 88)
- Burton, C. L., Strauss, E., Hultsch, D. F. et Hunter, M. A. (2006). Cognitive functioning and everyday problem solving in older adults. *The Clinical Neuropsychologist*, 20(3):432–452. (voir pages 79 and 88)
- Butcher, H. K., Holkup, P. A. et Buckwalter, K. C. (2001). The experience of caring for a family member with alzheimer's disease. *Western Journal of Nursing Research*, 23(1):33–55. (voir pages 16 and 171)
- Cabeza, R., Daselaar, S. M., Dolcos, F., Prince, S. E., Budde, M. et Nyberg, L. (2004). Task-independent and task-specific age effects on brain activity during working memory, visual attention and episodic retrieval. *Cerebral cortex*, 14(4):364–375. (voir page 5)
- Cabeza, R. et Dennis, N. A. (2012). Frontal lobes and aging. *Principles of frontal lobes function*, pages 628–652. (voir page 5)
- Cahn-Weiner, D. A., Farias, S. T., Julian, L., Harvey, D. J., Kramer, J. H., Reed, B. R., Mungas, D., Wetzel, M. et Chui, H. (2007). Cognitive and neuroimaging predictors of instrumental activities of daily living. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 13(05): 747–757. (voir page 17)
- Caine, K. E., Zimmerman, C. Y., Schall-Zimmerman, Z., Hazlewood, W. R., Sulgrove, A. C., Camp, L. J., Connelly, K. H., Huber, L. L. et Shankar, K. (2010). Digiswitch : design and evaluation of a device for older adults to preserve privacy while monitoring health at

- home. In *Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium*, pages 153–162. ACM. (voir pages 122 and 152)
- Calvert Jr, J. F., Kaye, J., Leahy, M., Hexem, K. et Carlson, N. (2009). Technology use by rural and urban oldest old. *Technology and Health Care*, 17(1):1–11. (voir page 64)
- Campbell, A. J. et Buchner, D. M. (1997). Unstable disability and the fluctuations of frailty. *Age and ageing*, 26(4):315–318. (voir page 175)
- Caouette, M., Plichon, R. et Lussier-Desrochers, D. (2015). Autodétermination et création du "chez-soi" : un nouvel enjeu pour les technologies de soutien aux personnes en situation de handicap. *Terminal. Technologie de l'information, culture & société*, 116. (voir page 146)
- Caroux, L., Consel, C., Dupuy, L. et Sauzéon, H. (2014). Verification of Daily Activities of Elders : A Simple, Non-Intrusive, Low-Cost Approach. In *ASSETS - The 16th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Rochester, NY, United States. (voir pages 103, 130, 148, 151, and 177)
- Carpenter, B. D. et Buday, S. (2007). Computer use among older adults in a naturally occurring retirement community. *Computers in Human Behavior*, 23(6):3012–3024. (voir page 64)
- Carstensen, L. L., Fung, H. H. et Charles, S. T. (2003). Socioemotional selectivity theory and the regulation of emotion in the second half of life. *Motivation and emotion*, 27(2):103–123. (voir page 7)
- Carstensen, L. L., Pasupathi, M., Mayr, U. et Nesselroade, J. R. (2000). Emotional experience in everyday life across the adult life span. *Journal of personality and social psychology*, 79(4):644. (voir page 7)
- Cesari, M., Gambassi, G., van Kan, G. A. et Vellas, B. (2014). The frailty phenotype and the frailty index : different instruments for different purposes. *Age and ageing*, 43(1):10–12. (voir page 170)
- Chan, M., Campo, E. et Estève, D. (2005). Assessment of activity of elderly people using a home monitoring system. *International Journal of Rehabilitation Research*, 28(1):69–76. (voir page 32)
- Chan, M., Estève, D., Escriba, C. et Campo, E. (2008). A review of smart homes- present state and future challenges. *Computer methods and programs in biomedicine*, 91(1):55–81. (voir pages 35, 43, and 122)
- Charness, N. et Bosman, E. A. (1995). Compensation through environmental modification. *Compensating for Psychological Deficits and Declines : Managing Losses and Promoting Gains*, page 147. (voir page 47)

BIBLIOGRAPHIE

- Charness, N., Demiris, G. et Krupinski, E. (2011). *Designing telehealth for an aging population : A human factors perspective*. CRC Press. (voir pages 46, 143, and 145)
- Chen, K. et Chan, a. (2011). A review of technology acceptance by older adults. *Gerontechnology*, 10(1). (voir pages 56, 58, 91, and 194)
- Chen, K. et Chan, A. H. S. (2014). Gerontechnology acceptance by elderly hong kong chinese : a senior technology acceptance model (stam). *Ergonomics*, 57(5):635–652. (voir pages 62, 63, 64, 134, 140, 145, 156, 160, and 194)
- Chen, K.-C. et Jang, S.-J. (2010). Motivation in online learning : Testing a model of self-determination theory. *Computers in Human Behavior*, 26(4):741–752. (voir pages 143 and 146)
- Chen, L., Nugent, C. D. et Wang, H. (2012). A knowledge-driven approach to activity recognition in smart homes. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, 24(6):961–974. (voir page 112)
- Chi, N.-C. et Demiris, G. (2015). A systematic review of telehealth tools and interventions to support family caregivers. *Journal of telemedicine and telecare*, 21(1):37–44. (voir pages 16, 171, and 172)
- Clarkson, P. J., Coleman, R., Keates, S. et Lebbon, C. (2013). *Inclusive design : design for the whole population*. Springer Science & Business Media. (voir page 143)
- Clegg, A., Young, J., Iliffe, S., Rikkert, M. O. et Rockwood, K. (2013). Frailty in elderly people. *The Lancet*, 381(9868):752–762. (voir pages 69, 70, 72, and 170)
- Clément, S., Rolland, C. et Thoer-Fabre, C. (2005). *Usages, normes, autonomie : analyse critique de la bibliographie concernant le vieillissement de la population*. Plan Urbanisme Construction Architecture. (voir page 23)
- Cohen, C. A., Colantonio, A. et Vernich, L. (2002). Positive aspects of caregiving : rounding out the caregiver experience. *International journal of geriatric psychiatry*, 17(2):184–188. (voir page 16)
- Consel, C., Dupuy, L. et Sauzéon, H. (2015). A unifying notification system to scale up assistive services. In *Proceedings of the 17th international ACM SIGACCESS conference on Computers & accessibility*. ACM. To appear. (voir pages 119, 148, 172, and 178)
- Consolvo, S., Roessler, P., Shelton, B. E., LaMarca, A., Schilit, B. et Bly, S. (2004). Technology for care networks of elders. *IEEE Pervasive Computing*, 3(2):22–29. (voir pages 16 and 171)
- Cook, D. J., Augusto, J. C. et Jakkula, V. R. (2009). Ambient intelligence : Technologies, applications, and opportunities. *Pervasive and Mobile Computing*, 5(4):277–298. (voir page 29)

- Cook, D. J., Crandall, A. S., Thomas, B. L. et Krishnan, N. C. (2013). Casas : A smart home in a box. *Computer*, 46(7). (voir page 172)
- Corbeil, R., Marcotte, A. et Trépanier, C. (2009). Inventaire des habiletés pour la vie en appartement. (voir pages 14, 75, and 171)
- Cornejo, R., Tentori, M. et Favela, J. (2013). Enriching in-person encounters through social media : A study on family connectedness for the elderly. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(9):889–899. (voir pages 42 and 171)
- Courtney, K. L., Demeris, G., Rantz, M. et Skubic, M. (2008). Needing smart home technologies : the perspectives of older adults in continuing care retirement communities. (voir page 172)
- Craik, F. I. (1986). A functional account of age differences in memory. *Human memory and cognitive capabilities : Mechanisms and performances*, pages 409–422. (voir pages 47 and 184)
- Craik, F. I. (1994). Memory changes in normal aging. *Current directions in psychological science*, 3(5):155–158. (voir page 47)
- Czaja, S. J. (1997). Using technologies to aid the performance of home tasks. In Fisk, A. D. et Rogers, W. A., éditeurs : *Handbook of human factors and the older adults*, pages 311–334. Academic Press. (voir page 23)
- Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. a. et Sharit, J. (2006). Factors predicting the use of technology : findings from the center for research and education on aging and technology enhancement (CREATE). *Psychology and aging*, 21(2):333–52. (voir pages 46, 60, 64, 91, and 96)
- Czaja, S. J. et Sharit, J. (2012). *Designing training and instructional programs for older adults*. CRC Press. (voir page 152)
- Dalton, D. S., Cruickshanks, K. J., Klein, B. E., Klein, R., Wiley, T. L. et Nondahl, D. M. (2003). The impact of hearing loss on quality of life in older adults. *The Gerontologist*, 43(5):661–668. (voir page 18)
- David, J. M., Benjamin, A., Baecker, R. M., Gromala, D. et Birnholtz, J. (2011). Living with pain, staying in touch : Exploring the communication needs of older adults with chronic pain. In *CHI '11 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '11, pages 1219–1224. ACM. (voir page 91)
- Davies, D. K., Stock, S. E., King, L. R., Brown, R. B., Wehmeyer, M. L. et Shogren, K. A. (2015). An interface to support independent use of facebook by people with intellectual disability. *Intellectual and developmental disabilities*, 53(1):30–41. (voir page 63)

BIBLIOGRAPHIE

- Davies, R. J., Nugent, C. D., Donnelly, M. P., Hettinga, M., Meiland, F. J., Moelaert, F., Mulvenna, M. D., Bengtsson, J. E., Craig, D. et Dröes, R.-M. (2009). A user driven approach to develop a cognitive prosthetic to address the unmet needs of people with mild dementia. *Pervasive and Mobile Computing*, 5(3):253–267. (voir pages 32, 33, and 37)
- Davis, F. D. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly*, 13(3):319–340. (voir pages 43, 54, 55, 64, 91, 134, 145, and 156)
- Davis, F. D., Bagozzi, R. P. et Warshaw, P. R. (1992). Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace¹. *Journal of applied social psychology*, 22(14):1111–1132. (voir page 57)
- Davis, F. D. et Venkatesh, V. (1996). A critical assessment of potential measurement biases in the technology acceptance model : three experiments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 45(1):19–45. (voir page 43)
- De Beni, R., Pazzaglia, F. et Gardini, S. (2006). The role of mental rotation and age in spatial perspective-taking tasks : when age does not impair perspective-taking performance. *Applied cognitive psychology*, 20(6):807–821. (voir page 8)
- de Joode, E., van Heugten, C., Verhey, F. et van Boxtel, M. (2010). Efficacy and usability of assistive technology for patients with cognitive deficits : A systematic review. *Clinical rehabilitation*. (voir page 171)
- de Souza Santos, C. A., Dantas, E. E. M. et Moreira, M. H. R. (2011). Correlation of physical aptitude ; functional capacity, corporal balance and quality of life (qol) among elderly women submitted to a post-menopausal physical activities program. *Archives of gerontology and geriatrics*, 53(3):344–349. (voir page 82)
- De Winter, J., Dodou, D. et Hancock, P. (2015). On the paradoxical decrease of self-reported cognitive failures with age. *Ergonomics*, 58(9):1471–1486. (voir pages 15, 170, 184, and 193)
- Deci, E. L. et Ryan, R. M. (1985). The general causality orientations scale : Self-determination in personality. *Journal of research in personality*, 19(2):109–134. (voir pages 19 and 146)
- Demers, L., Monette, M., Lapierre, Y., Arnold, D. et Wolfson, C. (2002). Reliability, validity, and applicability of the quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology (quest 2.0) for adults with multiple sclerosis. *Disability & Rehabilitation*, 24(1-3):21–30. (voir pages 74 and 135)
- Demers, L., Weiss-Lambrou, R. et Ska, B. (2000). Item analysis of the quebec user evaluation of satisfaction with assistive technology (quest). *Assistive Technology*, 12(2):96–105. (voir page 51)

- Demirbilek, O. et Demirkan, H. (2004). Universal product design involving elderly users : a participatory design model. *Applied ergonomics*, 35(4):361–370. (voir pages 51, 145, and 184)
- Demiris, G., Oliver, D. P., Dickey, G., Skubic, M. et Rantz, M. (2008). Findings from a participatory evaluation of a smart home application for older adults. *Technology and Health Care*, 16(2):111–118. (voir pages 43 and 172)
- Dennis, N. A. et Cabeza, R. (2008). Neuroimaging of healthy cognitive aging. *The handbook of aging and cognition*, 3:1–54. (voir pages 5, 6, and 81)
- Derouesne, C., Dealberto, M., Boyer, P., Lubin, S., Sauron, B., Piette, F., Kohler, F. et Alperovitch, A. (1993). Empirical evaluation of the ‘cognitive difficulties scale’ for assessment of memory complaints in general practice : A study of 1628 cognitively normal subjects aged 45–75 years. *International Journal of Geriatric Psychiatry*, 8(7):599–607. (voir page 83)
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual review of psychology*, 64:135. (voir page 8)
- Diehl, M. (1998). Everyday competence in later life : Current status and future directions. *The Gerontologist*, 38(4):422–433. (voir pages 79 and 170)
- Diehl, M., Willis, S. et Schaie, K. (1995). The observed tasks of daily living (otdl) test. *Psychology and Aging*, 10:478–491. (voir page 13)
- Dixon, R. A. et Backman, L. (2013). *Compensating for psychological deficits and declines : Managing losses and promoting gains*. Psychology Press. (voir page 170)
- Donaldson, W. (1992). Measuring recognition memory. *Journal of Experimental Psychology : General*, 121(3):275–277. (voir page 113)
- Douglass, R. B., Fishbein, M. et Ajzen, I. (1977). Belief, attitude, intention, and behavior : An introduction to theory and research. (voir page 54)
- Doumas, M., Smolders, C. et Krampe, R. T. (2008). Task prioritization in aging : effects of sensory information on concurrent posture and memory performance. *Experimental Brain Research*, 187(2):275–281. (voir page 80)
- Dubois, B., Slachevsky, A., Litvan, I. et Pillon, B. (2000). The FAB : A frontal assessment battery at bedside. *Neurology*, 55(11):1621–1626. (voir pages 73, 84, 93, and 133)
- Dunlop, D. D., Semanik, P., Song, J., Manheim, L. M., Shih, V. et Chang, R. W. (2005). Risk factors for functional decline in older adults with arthritis. *Arthritis & Rheumatism*, 52(4):1274–1282. (voir pages 15 and 89)

BIBLIOGRAPHIE

- Dupuy, L., Consel, C. et Sauzéon, H. (2016). Self determination-based design to achieve acceptance of assisted living technologies for older adults. *Computers in Human Behavior*, 65:508–521. (voir pages 142 and 177)
- Dupuy, L., Sauzeon, H. et Consel, C. (2015). Perceived needs for assistive technologies in older adults and their caregivers. In *WomENCourage 15'*. (voir pages 90 and 184)
- Durick, J., Brereton, M., Vetere, F. et Nansen, B. (2013). Dispelling Ageing Myths in Technology Design. In *OzCHI'13*, pages 467–476, Adelaide, Australia. (voir pages 43, 51, 143, and 144)
- Duval, C., Piolino, P., Bejanin, A., Laisney, M., Eustache, F. et Desgranges, B. (2011). La théorie de l'esprit : aspects conceptuels, évaluation et effets de l'âge. *Revue de neuropsychologie*, 3(1):41–51. (voir page 7)
- Dykstra, P. A. (2009). Older adult loneliness : myths and realities. *European journal of ageing*, 6(2):91–100. (voir pages 33 and 73)
- Edwards, J. D., Wadley, V., Vance, D., Wood, K., Roenker, D. et Ball, K. (2005). The impact of speed of processing training on cognitive and everyday performance. *Aging & mental health*, 9(3):262–271. (voir page 17)
- Ericsson, K. A. et Charness, N. (1994). Expert performance : Its structure and acquisition. *American psychologist*, 49(8):725. (voir page 9)
- Etters, L., Goodall, D. et Harrison, B. E. (2008). Caregiver burden among dementia patient caregivers : a review of the literature. *Journal of the American Academy of Nurse Practitioners*, 20(8):423–428. (voir pages 16 and 171)
- Eyler, L. T., Sherzai, A., Kaup, A. R. et Jeste, D. V. (2011). A review of functional brain imaging correlates of successful cognitive aging. *Biological psychiatry*, 70(2):115–122. (voir page 6)
- Fairhall, N., Kurrle, S. E., Sherrington, C., Lord, S. R., Lockwood, K., John, B., Monaghan, N., Howard, K. et Cameron, I. D. (2015). Effectiveness of a multifactorial intervention on preventing development of frailty in pre-frail older people : study protocol for a randomised controlled trial. *BMJ open*, 5(2):e007091. (voir page 172)
- Fanshel, S. et Bush, J. W. (1970). A health-status index and its application to health-services outcomes. *Operations research*, 18(6):1021–1066. (voir page 12)
- Farias, S. T., Mungas, D. et Jagust, W. (2005). Degree of discrepancy between self and other-reported everyday functioning by cognitive status : dementia, mild cognitive impairment, and healthy elders. *International journal of geriatric psychiatry*, 20(9):827–834. (voir pages 11, 15, 170, and 184)

- Farias, S. T., Mungas, D., Reed, B. R., Harvey, D., Cahn-Weiner, D. et DeCarli, C. (2006). Mci is associated with deficits in everyday functioning. *Alzheimer disease and associated disorders*, 20(4):217. (voir page 17)
- Figueiro, M. G., Gras, L. Z., Rea, M. S., Plitnick, B. et Rea, M. S. (2012). Lighting for improving balance in older adults with and without risk for falls. *Age and ageing*, 41(3):392–395. (voir pages 91 and 171)
- Fillenbaum, G. G. (1985). Screening the elderly. *Journal of the American Geriatrics Society*, 33(10):698–706. (voir pages 11 and 13)
- Fillenbaum, G. G. (2013). *Multidimensional functional assessment of older adults : The Duke older Americans resources and services procedures*. Psychology Press. (voir pages 79 and 170)
- Findlater, L., Froehlich, J. E., Fattal, K., Wobbrock, J. O. et Dastyar, T. (2013). Age-related differences in performance with touchscreens compared to traditional mouse input. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 343–346. ACM. (voir pages 126, 149, 178, and 194)
- Fingerman, K. L. (2000). " we had a nice little chat" age and generational differences in mothers' and daughters' descriptions of enjoyable visits. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 55(2):P95–P106. (voir page 7)
- Finlayson, M. L. et Peterson, E. W. (2010). Falls, aging, and disability. *Physical medicine and rehabilitation clinics of North America*, 21(2):357–373. (voir page 6)
- Fisk, A. D., Rogers, W. A., Charness, N., Czaja, S. J. et Sharit, J. (2009). *Designing for older adults : Principles and creative human factors approaches*. CRC press. (voir pages 178 and 179)
- Fisk, A. D., Rogers, W. A., Charness, N., Czaja, S. J. et Sharit, J. (2012). *Designing for older adults : Principles and creative human factors approaches*. CRC press. (voir pages 50, 52, 64, 121, 126, 139, 140, and 143)
- Folstein, M. F., Folstein, S. E. et McHugh, P. R. (1975). ?mini-mental state ? : a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of psychiatric research*, 12(3):189–198. (voir pages 35, 72, 83, 109, 132, and 154)
- for Standardization, I. O. (2007). International standard iso 9999 : Assistive products for persons with disability-classification and terminology. (voir pages 149 and 179)
- for Standardization, I. O. (2008). Iso/tr 22411 : Ergonomics data and guidelines for the application of iso/iec guide 71 to products and services to address the needs of older persons and persons with disabilities. (voir page 149)

BIBLIOGRAPHIE

- Ford, M., Wyeth, P. et Johnson, D. (2012). Self-determination theory as applied to the design of a software learning system using whole-body controls. *In Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference*, pages 146–149. ACM. (voir pages 143 and 146)
- Fors, S., Thorslund, M. et Parker, M. G. (2006). Do actions speak louder than words ? self-assessed and performance-based measures of physical and visual function among old people. *European Journal of Ageing*, 3(1):15–21. (voir pages 88 and 89)
- Freund, A. et Baltes, P. B. (2003). Pour un développement et un vieillissement réussis : Sélection, optimisation et compensation. *Revue québécoise de psychologie*, 24(3):27–50. (voir page 9)
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., Seeman, T., Tracy, R., Kop, W. J., Burke, G. et al. (2001). Frailty in older adults evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology Series A : Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3):M146–M157. (voir pages 69, 72, 169, and 175)
- Fulton Picot, S. J., Youngblut, J. et Zeller, R. (1997). Development and testing of a measure of perceived caregiver rewards in adults. *Journal of Nursing Measurement*, 5(1):33–52. (voir page 173)
- Gil, N. M., Hine, N. A., Arnott, J. L., Hanson, J., Curry, R. G., Amaral, T. et Osipovic, D. (2007). Data visualisation and data mining technology for supporting care for older people. *In Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages 139–146. ACM. (voir page 32)
- Gillespie, A., Best, C. et O'Neill, B. (2012). Cognitive function and assistive technology for cognition : a systematic review. *Journal of the International Neuropsychological Society : JINS*, 18(1):1–19. (voir pages 22, 26, 28, 120, 184, and 190)
- Glosser, G., Gallo, J., Duda, N., de Vries, J. J., Clark, C. M. et Grossman, M. (2002). Visual perceptual functions predict instrumental activities of daily living in patients with dementia. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 15(3):198–206. (voir page 18)
- Gold, D. a. (2012). An examination of instrumental activities of daily living assessment in older adults and mild cognitive impairment. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 34(1):11–34. (voir pages 10, 14, 79, 80, 83, 88, 91, 96, 104, 105, 107, 169, 170, 171, and 184)
- Goldberg, D. et Williams, P. (2000). General health questionnaire (ghq). *Swindon, Wiltshire, UK : nferNelson*. (voir page 175)

- Goverover, Y., Chiaravalloti, N., Gaudino-Goering, E., Moore, N. et DeLuca, J. (2009). The relationship among performance of instrumental activities of daily living, self-report of quality of life, and self-awareness of functional status in individuals with multiple sclerosis. *Rehabilitation Psychology*, 54(1):60. (voir page 15)
- Grady, C. L., Bernstein, L. J., Beig, S. et Siegenthaler, A. L. (2002). The effects of encoding task on age-related differences in the functional neuroanatomy of face memory. *Psychology and aging*, 17(1):7. (voir page 5)
- Granger, C., Hamilton, B., Sherwin, F. *et al.* (1986). Guide for the use of the uniform data set for medical rehabilitation. *Uniform data system for medical rehabilitation project office, Buffalo General Hospital, New York*, 14203. (voir page 170)
- Grigsby, J., Kaye, K., Baxter, J., Shetterly, S. M. et Hamman, R. F. (1998). Executive cognitive abilities and functional status among community-dwelling older persons in the san luis valley health and aging study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(5):590–596. (voir page 15)
- Gross, A. L., Rebok, G. W., Unverzagt, F. W., Willis, S. L. et Brandt, J. (2011). Cognitive predictors of everyday functioning in older adults : Results from the active cognitive intervention trial. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 66(5):557–566. (voir pages 17, 80, and 88)
- Guigoz, Y., Vellas, B., Garry, P., Vellas, B., Albarede, J. *et al.* (1997). Mini nutritional assessment : a practical assessment tool for grading the nutritional state of elderly patients. *The mini nutritional assessment : MNA. Nutrition in the elderly.*, pages 15–60. (voir page 175)
- Guralnik, J. M., Simonsick, E. M., Ferrucci, L., Glynn, R. J., Berkman, L. F., Blazer, D. G., Scherr, P. A. et Wallace, R. B. (1994). A short physical performance battery assessing lower extremity function : association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of gerontology*, 49(2):M85–M94. (voir pages 73, 82, and 175)
- Gutchess, A. H., Welsh, R. C., Hedden, T., Bangert, A., Minear, M., Liu, L. L. et Park, D. C. (2005). Aging and the neural correlates of successful picture encoding : frontal activations compensate for decreased medial-temporal activity. *Journal of cognitive neuroscience*, 17(1):84–96. (voir page 5)
- Hassenzahl, M. (2004). The interplay of beauty, goodness, and usability in interactive products. *Human-Computer Interaction*, 19(4):319–349. (voir pages 43, 74, 134, 140, 155, and 156)
- Hébert, R., Carrier, R. et Bilodeau, A. (1988). The functional autonomy measurement system (smaf) : description and validation of an instrument for the measurement of handicaps. *Age and ageing*, 17(5):293–302. (voir page 170)

BIBLIOGRAPHIE

- Hedden, T., Lautenschlager, G. et Park, D. C. (2005). Contributions of processing ability and knowledge to verbal memory tasks across the adult life-span. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A*, 58(1):169–190. (voir page 8)
- Helal, S., Mann, W., El-Zabadani, H., King, J., Kaddoura, Y. et Jansen, E. (2005). The gator tech smart house : A programmable pervasive space. *Computer*, 38(3):50–60. (voir pages 33, 38, and 172)
- Hellström, U. W. et Sarvimäki, A. (2007). Experiences of self-determination by older persons living in sheltered housing. *Nursing ethics*, 14(3):413–424. (voir pages 20 and 146)
- Hem, C. (2015). *Le téléphone : un artefact témoin du bien-être des personnes-âgées*. Thèse de doctorat, Université Grenoble Alpes. (voir pages 12 and 18)
- Hernández-Encuentra, E., Pousada, M. et Gómez-Zúñiga, B. (2009). ICT and Older People : Beyond Usability. *Educational Gerontology*, 35(3):226–245. (voir page 143)
- Heyl, V. et Wahl, H.-W. (2012). Managing daily life with age-related sensory loss : cognitive resources gain in importance. *Psychology and aging*, 27(2):510. (voir pages 79, 81, 88, and 89)
- Hirschman, K. B., Shea, J. A., Xie, S. X. et Karlawish, J. H. (2004). The development of a rapid screen for caregiver burden. *Journal of the American Geriatrics Society*, 52(10):1724–1729. (voir pages 16 and 171)
- Hossain, M. A. (2014). Perspectives of human factors in designing elderly monitoring system. *Computers in Human Behavior*, 33:63–68. (voir pages 103 and 105)
- Hu, Y., Tilke, D., Adams, T., Crandall, A. S., Cook, D. J. et Schmitter-Edgecombe, M. (2016). Smart home in a box : usability study for a large scale self-installation of smart home technologies. *Journal of Reliable Intelligent Environments*, 2(2):93–106. (voir pages 35 and 37)
- Huber, L. L., Shankar, K., Caine, K., Connelly, K., Camp, L. J., Walker, B. A. et Borrero, L. (2013). How in-home technologies mediate caregiving relationships in later life. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 29(7):441–455. (voir pages 33, 34, 42, 43, and 171)
- Imbeault, H., Pigot, H., Bier, N., Gagnon, L., Marcotte, N., Giroux, S. et Fülöp, T. (2011). Interdisciplinary design of an electronic organizer for persons with alzheimer’s disease. In *International Conference on Smart Homes and Health Telematics*, pages 137–144. Springer. (voir pages 91 and 171)
- Inzitari, D. et Basile, A. M. (2003). Activities of daily living and global functioning. *International Psychogeriatrics*, 15(S1):225–229. (voir page 17)

- Isingrini, M. et Tacconat, L. (2008). Mémoire épisodique, fonctionnement frontal et vieillissement [episodic memory, frontal functioning, and aging]. *Revue neurologique*, 164:S91–S95. (voir page 8)
- Jay, G. M. et Willis, S. L. (1992). Influence of direct computer experience on older adults' attitudes toward computers. *Journal of Gerontology*, 47(4):P250–P257. (voir page 60)
- Jefferson, A. L., Byerly, L. K., Vanderhill, S., Lambe, S., Wong, S., Ozonoff, A. et Karlawish, J. H. (2008). Characterization of activities of daily living in individuals with mild cognitive impairment. *The American journal of geriatric psychiatry*, 16(5):375–383. (voir page 18)
- Jimison, H. B., Pavel, M., Bissell, P. et McKanna, J. (2007). A framework for cognitive monitoring using computer interactions. *Studies in Health Technology and Informatics*, 129(2):1073–1077. (voir page 196)
- Jorm, A. et Jacomb, P. (1989). The informant questionnaire on cognitive decline in the elderly (iqcode) : socio-demographic correlates, reliability, validity and some norms. *Psychol Med*, 19(4):1015–1022. (voir page 14)
- Jurica, P. J., Leitten, C. L. et Mattis, S. (2004). *DRS-2 dementia rating scale-2 : professional manual*. Psychological Assessment Resources. (voir pages 73, 84, 93, and 133)
- Kabáč, M. et Consel, C. (2016). Designing parallel data processing for large-scale sensor orchestration. In *13th IEEE International Conference on Ubiquitous Intelligence and Computing (UIC 2016)*. (voir page 196)
- Kalfat, T. et Sauzeon, H. (2009). Le processus de vieillissement et la vieillesse. In Solal, éditeur : *L'ergothérapie auprès des personnes âgées*, pages 1–16. E. Trouvé. (voir page 11)
- Karagiozis, H., Gray, S., Sacco, J., Shapiro, M. et Kawas, C. (1998). The direct assessment of functional abilities (dafa) : a comparison to an indirect measure of instrumental activities of daily living. *The Gerontologist*, 38(1):113–121. (voir page 15)
- Kasser, V. G. et Ryan, R. M. (1999). The relation of psychological needs for autonomy and relatedness to vitality, well-being, and mortality in a nursing home1. *Journal of Applied Social Psychology*, 29(5):935–954. (voir page 146)
- Katz, S. (1983). Assessing self-maintenance : activities of daily living, mobility, and instrumental activities of daily living. *Journal of the American Geriatrics Society*, 31(12):721–727. (voir pages 11, 13, and 170)
- Kaye, J. A., Maxwell, S. A., Mattek, N., Hayes, T. L., Dodge, H., Pavel, M., Jimison, H. B., Wild, K., Boise, L. et Zitzelberger, T. A. (2011). Intelligent systems for assessing aging changes : home-based, unobtrusive, and continuous assessment of aging. *The Journals of*

BIBLIOGRAPHIE

- Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 66(suppl 1):i180–i190. (voir pages 103 and 105)
- Keating, N., Eales, J. et Phillips, J. E. (2013). Age-friendly rural communities : Conceptualizing ‘best-fit’. *Canadian Journal on Aging/La Revue canadienne du vieillissement*, 32(04):319–332. (voir page 5)
- Keith, R., Granger, C., Hamilton, B. et Sherwin, F. (1987). The functional independence measure. *Adv Clin Rehabil*, 1:6–18. (voir page 35)
- Kelaiditi, E., Cesari, M., Canevelli, M. v., Van Kan, G. A., Ousset, P.-J., Gillette-Guyonnet, S., Ritz, P., Duveau, F., Soto, M., Provencher, V. et al. (2013). Cognitive frailty : rational and definition from an (iana/iagg) international consensus group. *The journal of nutrition, health & aging*, 17(9):726–734. (voir page 176)
- Kelley, T. et Kellam, N. (2009). A theoretical framework to guide the re-engineering of technology education. *Journal of Technology Education*. (voir page 64)
- Khan, D. U., Siek, K. A., Meyers, J., Haverhals, L. M., Cali, S. et Ross, S. E. (2010). Designing a personal health application for older adults to manage medications. *In Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium*, pages 849–858. ACM. (voir page 122)
- Kleinman, L., Frank, L., Ciesla, G., Rupnow, M. et Brodaty, H. (2004). Psychometric performance of an assessment scale for strain in nursing care : The m-ncas. *Health and quality of life outcomes*, 2(1):1. (voir page 185)
- Kohlbacher, F., Herstatt, C. et Schweisfurth, T. (2011). Product development for the silver market. *In The Silver Market Phenomenon*, pages 3–13. Springer. (voir page 160)
- Kuster, P. A. et Merkle, C. J. (2004). Caregiving stress, immune function, and health : implications for research with parents of medically fragile children. *Issues in Comprehensive Pediatric Nursing*, 27(4):257–276. (voir page 169)
- LaBuda, J. et Lichtenberg, P. (1999). The role of cognition, depression, and awareness of deficit in predicting geriatric rehabilitation patients’ iadl performance. *The Clinical Neuropsychologist*, 13(3):258–267. (voir page 15)
- Lachman, M. E. (1986). Locus of control in aging research : a case for multidimensional and domain-specific assessment. *Psychology and aging*, 1(1):34. (voir page 154)
- Lachman, M. E. (2006). Perceived control over aging-related declines adaptive beliefs and behaviors. *Current Directions in Psychological Science*, 15(6):282–286. (voir page 159)

- Lang, F. R., Rieckmann, N. et Baltes, M. M. (2002). Adapting to aging losses do resources facilitate strategies of selection, compensation, and optimization in everyday functioning ? *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 57(6):P501–P509. (voir pages 80 and 89)
- Laurienti, P. J., Kraft, R. A., Maldjian, J. A., Burdette, J. H. et Wallace, M. T. (2004). Semantic congruence is a critical factor in multisensory behavioral performance. *Experimental brain research*, 158(4):405–414. (voir page 126)
- Law, E. L.-C., Roto, V., Hassenzahl, M., Vermeeren, A. P. et Kort, J. (2009). Understanding, scoping and defining user experience : a survey approach. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 719–728. ACM. (voir page 43)
- Lawton, M. et Brody, E. (1969). Assessment of older people :self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist*, 9:179–186. (voir page 170)
- Lawton, M. et Brody, E. (1988). Physical self-maintenance scale (psms) : Original observer-related version. *Psychopharmacol Bull*, 24:793–4. (voir pages 11 and 171)
- Lawton, M. P., Moss, M., Fulcomer, M. et Kleban, M. H. (1982). A research and service oriented multilevel assessment instrument. *Journal of Gerontology*, 37(1):91–99. (voir pages 10, 13, 73, 79, 84, 110, 133, and 170)
- LeBellego, G., Noury, N., Virone, G., Mousseau, M. et Demongeot, J. (2006). A model for the measurement of patient activity in a hospital suite. *IEEE Transactions on information technology in biomedicine*, 10(1):92–99. (voir page 39)
- Lechevallier-Michel, N., Fabrigoule, C., Lafont, S., Letenneur, L. et Dartigues, J.-F. (2004). Normes pour le mmse, le test de rétentio n visuelle de benton, le set test d’isaacs, le sous-test des codes de la wais et le test de barrage de zazzo chez des sujets âgés de 70 ans et plus : données de la cohorte paquid. *Revue Neurologique*, 160(11):1059–1070. (voir page 175)
- Lee, D. J. et Markides, K. S. (1990). Activity and mortality among aged persons over an eight-year period. *Journal of Gerontology*, 45(1):S39–S42. (voir page 7)
- Lee, M. L. et Dey, A. K. (2011). Reflecting on pills and phone use : supporting awareness of functional abilities for older adults. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 2095–2104. ACM. (voir pages 32 and 122)
- Lee, M. L. et Dey, A. K. (2014). Real-time feedback for improving medication taking. *In Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pages 2259–2268. ACM. (voir pages 31, 32, 37, 91, 122, 152, and 171)

BIBLIOGRAPHIE

- Lee, Y., Lee, J. et Hwang, Y. (2015). Relating motivation to information and communication technology acceptance : self-determination theory perspective. *Computers in Human Behavior*, 51:418–428. (voir pages 57, 58, 143, 159, and 192)
- Lemaire, P. et Bherer, L. (2005). *Psychologie du vieillissement : une perspective cognitive*. De Boeck Supérieur. (voir page 8)
- Leplège, A. et Coste, J. (2002). *Mesure de la santé perceptuelle et de la qualité de vie : méthodes et applications*. De Boeck Secundair. (voir page 12)
- Lepri, B., Mana, N., Cappelletti, A., Pianesi, F. et Zancanaro, M. (2010). What is happening now ? detection of activities of daily living from simple visual features. *Personal and Ubiquitous Computing*, 14(8):749–766. (voir page 105)
- Levenson, H. (1981). Differentiating among internality, powerful others, and chance. *Research with the locus of control construct*, 1:15–63. (voir page 154)
- Levenson, R. W., Carstensen, L. L. et Gottman, J. M. (1994). Influence of age and gender on affect, physiology, and their interrelations : A study of long-term marriages. *Journal of personality and social psychology*, 67(1):56. (voir page 7)
- Lezak, M. D. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press, USA. (voir page 8)
- Li, K. Z., Krampe, R. T. et Bondar, A. (2005). An ecological approach to studying aging and dual-task performance. *Cognitive limitations in aging and psychopathology*, pages 190–218. (voir page 80)
- Li, K. Z., Lindenberger, U., Freund, A. M. et Baltes, P. B. (2001). Walking while memorizing : Age-related differences in compensatory behavior. *Psychological Science*, 12(3):230–237. (voir page 80)
- Lindenberger, U. et Baltes, P. B. (1994). Sensory functioning and intelligence in old age : a strong connection. *Psychology and aging*, 9(3):339. (voir page 81)
- Lindenberger, U., Lövdén, M., Schellenbach, M., Li, S.-C. et Krüger, A. (2008). Psychological principles of successful aging technologies : A mini-review. *Gerontology*, 54(1):59–68. (voir pages 49, 120, 121, 125, 139, 145, 147, and 190)
- Lindenberger, U., Marsiske, M. et Baltes, P. B. (2000). Memorizing while walking : increase in dual-task costs from young adulthood to old age. *Psychology and aging*, 15(3):417. (voir page 80)

- Lindley, S. E., Harper, R. et Sellen, A. (2008). Designing for Elders : Exploring the Complexity of Relationships in Later Life. *In BCS-HCI '08 Proceedings of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers : Culture, Creativity, Interaction*, pages 77–86. (voir pages 33, 143, and 147)
- Lithfous, S., Dufour, A. et Després, O. (2013). Spatial navigation in normal aging and the prodromal stage of alzheimer’s disease : insights from imaging and behavioral studies. *Ageing research reviews*, 12(1):201–213. (voir page 8)
- Liu, L., Stroulia, E., Nikolaidis, I., Miguel-Cruz, A. et Rincon, A. R. (2016). Smart homes and home health monitoring technologies for older adults : A systematic review. *International journal of medical informatics*, 91:44–59. (voir pages 43, 169, and 173)
- Loewenstein, D. A., Argüelles, S., Bravo, M., Freeman, R. Q., Argüelles, T., Acevedo, A. et Eisdorfer, C. (2001). Caregivers’ judgments of the functional abilities of the alzheimer’s disease patient a comparison of proxy reports and objective measures. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 56(2):P78–P84. (voir page 171)
- Logan, B., Healey, J., Philipose, M., Tapia, E. M. et Intille, S. (2007). A Long-Term Evaluation of Sensing Modalities for Activity Recognition. *In Springer-Verlag, éditeur : Ubicomp*, Berlin Heidelberg. (voir pages 74, 104, 105, 132, 151, and 154)
- Logan, J. M., Sanders, A. L., Snyder, A. Z., Morris, J. C. et Buckner, R. L. (2002). Under-recruitment and nonselective recruitment : dissociable neural mechanisms associated with aging. *Neuron*, 33(5):827–840. (voir page 6)
- Lopez-Hartmann, M., Wens, J., Verhoeven, V. et Remmen, R. (2012). The effect of caregiver support interventions for informal caregivers of community-dwelling frail elderly : a systematic review. *Int J Integr Care*, 12(5):133. (voir pages 72 and 170)
- Lövdén, M., Schellenbach, M., Grossman-Hutter, B., Krüger, A. et Lindenberger, U. (2005). Environmental topography and postural control demands shape aging-associated decrements in spatial navigation performance. *Psychology and aging*, 20(4):683. (voir page 80)
- Loyd, B. H. et Gressard, C. (1984). Reliability and factorial validity of computer attitude scales. *Educational and Psychological measurement*, 44(2):501–505. (voir page 60)
- Lu, N., Liu, J. et Lou, V. W. (2016). Exploring the reciprocal relationship between caregiver burden and the functional health of frail older adults in china : A cross-lag analysis. *Geriatric Nursing*, 37(1):19–24. (voir page 185)
- Luijkx, K., Peek, S. et Wouters, E. (2015). “grandma, you should do it—it’s cool” older adults and the role of family members in their acceptance of technology. *International journal of environmental research and public health*, 12(12):15470–15485. (voir page 43)

BIBLIOGRAPHIE

- Mackay, W. E. (2004). The interactive thread : exploring methods for multi-disciplinary design. In *Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems : processes, practices, methods, and techniques*, pages 103–112. ACM. (voir page 145)
- Madden, D. J., Langley, L. K., Denny, L. L., Turkington, T. G., Provenzale, J. M., Hawk, T. C. et Coleman, R. E. (2002). Adult age differences in visual word identification : Functional neuroanatomy by positron emission tomography. *Brain and cognition*, 49(3):297–321. (voir page 6)
- Madden, D. J., Whiting, W. L., Spaniol, J. et Bucur, B. (2005). Adult age differences in the implicit and explicit components of top-down attentional guidance during visual search. *Psychology and aging*, 20(2):317. (voir page 7)
- Magnusson, L. et Hanson, E. (2005). Supporting frail older people and their family carers at home using information and communication technology : cost analysis. *Journal of advanced nursing*, 51(6):645–657. (voir pages 173 and 185)
- Magnusson, L. et Hanson, E. (2012). Partnership working : The key to the at-technology transfer process of the action service (assisting carers using telematics interventions to meet older people's needs) in sweden. *Technology and Disability*, 24(3):219–232. (voir pages 33, 41, 193, and 196)
- Mann, W. C., Hurren, D., Tomita, M., Bengali, M. et Steinfeld, E. (1994). Environmental problems in homes of elders with disabilities. *OTJR : Occupation, Participation and Health*, 14(3):191–211. (voir page 23)
- Mann, W. C., Ottenbacher, K. J., Fraas, L., Tomita, M. et Granger, C. V. (1999). Effectiveness of assistive technology and environmental interventions in maintaining independence and reducing home care costs for the frail elderly : A randomized controlled trial. *Archives of family medicine*, 8(3):210. (voir pages 170 and 184)
- Marcotte, T. D., Scott, J. C., Kamat, R. et Heaton, R. K. (2010). Neuropsychology and the prediction of everyday functioning. *Neuropsychology of everyday functioning*, pages 5–38. (voir page 17)
- Marsiske, M. et Margrett, J. A. (2006). Everyday problem solving and decision making. *Handbook of the Psychology of Aging*, 6:315–342. (voir page 106)
- Maslach, C. et Jackson, S. E. (1981). Mbi : Maslach burnout inventory. *Palo Alto, CA*. (voir pages 17, 75, and 171)
- Maslow, A. (1954). Hierarchy of human needs. *Motivation and Personality*. (voir page 25)

- McAdams, E., Krupaviciute, A., Gehin, C., Dittmar, A., Delhomme, G., Rubel, P., Fayn, J. et McLaughlin, J. (2011). Wearable electronic systems : Applications to medical diagnostics/monitoring. *In Wearable Monitoring Systems*, pages 179–203. Springer. (voir pages 29 and 196)
- McCreadie, C. et Tinker, A. (2005). The acceptability of assistive technology to older people. *Ageing and society*, 25(01):91–110. (voir pages 59 and 64)
- McCrickard, D. S., Catrambone, R., Chewar, C. M. et Stasko, J. T. (2003a). Establishing tradeoffs that leverage attention for utility : empirically evaluating information display in notification systems. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(5):547–582. (voir page 122)
- McCrickard, D. S., Chewar, C. M., Somervell, J. P. et Ndiwalana, A. (2003b). A model for notification systems evaluation : assessing user goals for multitasking activity. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 10(4):312–338. (voir pages 122, 127, and 128)
- McCrickard, D. S., Czerwinski, M. et Bartram, L. (2003c). Introduction : design and evaluation of notification user interfaces. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58(5): 509–514. (voir pages 122 and 140)
- McCue, M., Rogers, J. C. et Goldstein, G. (1990). Relationships between neuropsychological and functional assessment in elderly neuropsychiatric patients. *Rehabilitation Psychology*, 35(2):91. (voir page 17)
- McDaniel, M., Einstein, G. et Jacoby, L. (2011). New considerations in aging and memory : the glass may be half full. *In Craik, F. I. et Salthouse, T. A., éditeurs : The handbook of aging and cognition*. Psychology Press. (voir page 8)
- Mcgee-lennon, M. R., Wolters, M. K. et Brewster, S. (2011). User-Centred Multimodal Reminders for Assistive Living. *In CHI 2011*, pages 2105–2114, Vancouver, Canada. (voir page 143)
- McNair, D. et Kahn, R. (1983). Self-assessment of cognitive deficits. *Assessment in geriatric psychopharmacology*, pages 137–143. (voir pages 83 and 176)
- Meiland, F., Reinersmann, A., Bergvall-Kåreborn, B., Craig, D., Moelaert, F., Mulvenna, M., Nugent, C., Scully, T., Bengtsson, J. et Dröes, R. (2007). Helping people with mild dementia navigate their day. *Proc. 4th International Council on Medical and Care Compunetics, ICMCC, Amsterdam*, pages 8–10. (voir page 32)
- Mihailidis, A., Cockburn, A., Longley, C. et Boger, J. (2008). The acceptability of home monitoring technology among community-dwelling older adults and baby boomers. *Assistive Technology*, 20(1):1–12. (voir pages 31, 91, and 105)

BIBLIOGRAPHIE

- Mitseva, A., Peterson, C. B., Karamberi, C., Oikonomou, L. C., Ballis, A. V., Giannakakos, C. et Dafoulas, G. E. (2012). Gerontechnology : Providing a helping hand when caring for cognitively impaired older adults—intermediate results from a controlled study on the satisfaction and acceptance of informal caregivers. *Current gerontology and geriatrics research*, 2012. (voir page 168)
- Mitzner, T. L., McBride, S. E., Barg-Walkow, L. H. et Rogers, W. A. (2013). Self-management of wellness and illness in an aging population. *Reviews of Human Factors and Ergonomics*, 8(1):277–333. (voir page 147)
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A. et Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex “frontal lobe” tasks : A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1):49–100. (voir page 8)
- Mobasheri, A. et Mendes, A. F. (2015). Physiology and pathophysiology of musculoskeletal aging : current research trends and future priorities. *Physiology and Pathophysiology of Musculoskeletal Aging*, page 81. (voir page 7)
- Mokhtari, M., Aloulou, H., Tiberghien, T., Biswas, J., Racocanu, D. et Yap, P. (2012). New trends to support independence in persons with mild dementia—a mini-review. *Gerontology*, 58(6):554–563. (voir pages 103, 105, 107, 121, 143, and 172)
- Montgomery, R. J., Borgatta, E. F. et Borgatta, M. L. (2000). Societal and family change in the burden of care. In Liu, W. T. et Kendig, H., éditeurs : *Who should care for the elderly? An East-West value divide*, chapitre 1, pages 27–54. World Scientific. (voir page 185)
- Moore, D. J., Palmer, B. W., Patterson, T. L. et Jeste, D. V. (2007). A review of performance-based measures of functional living skills. *Journal of psychiatric research*, 41(1):97–118. (voir pages 13, 79, and 88)
- Moreno-Aguilar, M., García-Lara, J., Aguilar-Navarro, S., Navarrete-Reyes, A., Amieva, H. et Avila-Funes, J. (2012). The phenotype of frailty and health-related quality of life. *The Journal of frailty & aging*, 2(1):2–7. (voir page 170)
- Morris, A., Donamukkala, R., Kapuria, A., Steinfeld, A., Matthews, J. T., Dunbar-Jacob, J. et Thrun, S. (2003). A robotic walker that provides guidance. In *Robotics and Automation, 2003. Proceedings. ICRA'03. IEEE International Conference on*, volume 1, pages 25–30. IEEE. (voir page 31)
- Morris, M. E., Adair, B., Miller, K., Ozanne, E., Hansen, R., Pearce, A. J., Santamaria, N., Viega, L., Long, M. et Said, C. M. (2013). Smart-home technologies to assist older people to live well at home. *Journal of aging science*, 1(1):1–9. (voir pages 35 and 172)

- Morrow, D. G. et Rogers, W. A. (2008). Environmental support : An integrative framework. *Human Factors : The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 50(4):589–613. (voir pages 47, 48, 143, and 184)
- Mozolic, J., Hugenschmidt, C., Peiffer, A. et Laurienti, P. (2012). Multisensory integration and aging. *CRC Press, Boca Raton (FL)*. (voir page 126)
- Mroczek, D. K., Spiro III, A. et Griffin, P. W. (2006). Personality and aging. In Birren, J. E. et Warner, K., éditeurs : *Handbook of the psychology and aging*, pages 363–377. Elsevier. (voir page 7)
- Mulvenna, M., Carswell, W., McCullagh, P., Augusto, J. C., Zheng, H., Jeffers, P., Wang, H. et Martin, S. (2011). Visualization of data for ambient assisted living services. *IEEE Communications Magazine*, 49(1):110–117. (voir page 32)
- Myers, K. M., Valentine, J. M. et Melzer, S. M. (2008). Child and adolescent telepsychiatry : utilization and satisfaction. *Telemedicine and e-Health*, 14(2):131–137. (voir page 171)
- Nayak, L. U., Priest, L. et White, A. P. (2010). An application of the technology acceptance model to the level of internet usage by older adults. *Universal Access in the Information Society*, 9(4):367–374. (voir page 159)
- Newell, A. F., Gregor, P., Morgan, M., Pullin, G. et Macaulay, C. (2011). User-sensitive inclusive design. *Universal Access in the Information Society*, 10(3):235–243. (voir pages 143 and 145)
- Nicolau, H. et Jorge, J. (2012). Elderly text-entry performance on touchscreens. In *Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages 127–134. ACM. (voir page 194)
- Novak, M. et Guest, C. (1989). Application of a multidimensional caregiver burden inventory. *The gerontologist*, 29(6):798–803. (voir pages 17 and 171)
- Nutt, J., Marsden, C. et Thompson, P. (1993). Human walking and higher-level gait disorders, particularly in the elderly. *Neurology*, 43(2):268–268. (voir pages 18 and 80)
- O'Connor, B. P. et Vallerand, R. J. (1994). Motivation, self-determination, and person environment fit as predictors of psychological adjustment among nursing home residents. *Psychology and Aging*, 9(2):189. (voir page 143)
- O'Neill, B. et Gillespie, A. (2008). Simulating naturalistic instruction : the case for a voice mediated interface for assistive technology for cognition. *Journal of Assistive Technologies*, 2(2):22–31. (voir page 170)

BIBLIOGRAPHIE

- Oppenauer, C. (2009). Motivation and needs for technology use in old age. *Gerontechnology*, 8(2):82–87. (voir page 146)
- Or, C. K. et Karsh, B.-T. (2009). A systematic review of patient acceptance of consumer health information technology. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 16(4):550–560. (voir page 43)
- Owsley, C., Sloane, M., McGwin Jr, G. et Ball, K. (2002). Timed instrumental activities of daily living tasks : Relationship to cognitive function and everyday performance assessments in older adults. *Gerontology*, 48(4):254–265. (voir pages 13, 14, 73, 79, 80, 84, 109, 132, and 133)
- Pakenham, K. I., Chiu, J., Bursnall, S. et Cannon, T. (2007). Relations between social support, appraisal and coping and both positive and negative outcomes in young carers. *Journal of Health Psychology*, 12(1):89–102. (voir page 169)
- Park, D. C., Lautenschlager, G., Hedden, T., Davidson, N. S., Smith, A. D. et Smith, P. K. (2002). Models of visuospatial and verbal memory across the adult life span. *Psychology and aging*, 17(2):299. (voir pages 8 and 47)
- Patrick, J. H., Johnson, J. C., Goins, R. T. et Brown, D. K. (2004). The effects of depressed affect on functional disability among rural older adults. *Quality of Life Research*, 13(5):959–967. (voir pages 15 and 89)
- Pearlin, L. I., Mullan, J. T., Semple, S. J. et Skaff, M. M. (1990). Caregiving and the stress process : An overview of concepts and their measures. *The gerontologist*, 30(5):583–594. (voir page 185)
- Peek, S. T. M., Wouters, E. J. M., van Hoof, J., Luijkx, K. G., Boeije, H. R. et Vrijhoef, H. J. M. (2014). Factors influencing acceptance of technology for aging in place : a systematic review. *International journal of medical informatics*, 83(4):235–48. (voir pages 61, 64, 90, 91, 92, and 191)
- Péres, K., Helmer, C., Amieva, H., Orgogozo, J.-M., Rouch, I., Dartigues, J.-F. et Barberger-Gateau, P. (2008). Natural history of decline in instrumental activities of daily living performance over the 10 years preceding the clinical diagnosis of dementia : a prospective population-based study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(1):37–44. (voir pages 11, 72, and 201)
- Philipose, M., Fishkin, K. P., Perkowitz, M., Patterson, D. J., Fox, D., Kautz, H. et Hahnel, D. (2004). Inferring activities from interactions with objects. *Pervasive Computing, IEEE*, 3(4):50–57. (voir page 105)
- Pollack, M. E. (2005). Intelligent technology for an aging population : The use of ai to assist elders with cognitive impairment. *AI magazine*, 26(2):9. (voir pages 24, 29, 30, and 142)

- Pollack, M. E., Brown, L., Colbry, D., McCarthy, C. E., Orosz, C., Peintner, B., Ramakrishnan, S. et Tsamardinos, I. (2003). Autominder : An intelligent cognitive orthotic system for people with memory impairment. *Robotics and Autonomous Systems*, 44(3):273–282. (voir pages 31, 32, 37, and 171)
- Preece, J., Sharp, H. et Rogers, Y. (2015). *Interaction Design-beyond human-computer interaction*. John Wiley & Sons. (voir page 144)
- Proot, I. M., Crebolder, H. F., Abu-Saad, H. H., Macor, T. H. et Ter Meulen, R. H. (2000). Facilitating and constraining factors on autonomy the views of stroke patients on admission into nursing homes. *Clinical Nursing Research*, 9(4):460–478. (voir page 170)
- Przybylski, A. K., Rigby, C. S. et Ryan, R. M. (2010). A motivational model of video game engagement. *Review of general psychology*, 14(2):154. (voir page 143)
- Puts, M. T., Lips, P. et Deeg, D. J. (2005). Sex differences in the risk of frailty for mortality independent of disability and chronic diseases. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53(1):40–47. (voir pages 17, 79, and 190)
- Queirós, A., Silva, A., Alvarelhão, J., Rocha, N. P. et Teixeira, A. (2015). Usability, accessibility and ambient-assisted living : a systematic literature review. *Universal Access in the Information Society*, 14(1):57–66. (voir pages 23 and 29)
- Rahal, Y., Pigot, H. et Mabillean, P. (2008). Location estimation in a smart home : system implementation and evaluation using experimental data. *International Journal of Telemedicine and Applications*, 2008:4. (voir page 38)
- Rantz, M., Aud, M., Alexander, G. L., Oliver, D. P., Minner, D., Skubic, M., Keller, J. M., He, Z., Popescu, M., Demiris, G. et al. (2008). Tigerplace : An innovative educational and research environment. In *AAAI Fall Symposium : AI in Eldercare : New Solutions to Old Problems*, pages 84–91. (voir page 35)
- Rantz, M. J., Skubic, M., Koopman, R. J., Phillips, L., Alexander, G. L., Miller, S. J. et Guevara, R. D. (2011). Using sensor networks to detect urinary tract infections in older adults. In *e-Health Networking Applications and Services (Healthcom), 2011 13th IEEE International Conference on*, pages 142–149. IEEE. (voir page 122)
- Rashidi, P. et Mihailidis, A. (2013). A Survey on Ambient-Assisted Living Tools for Older Adults. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 17(3):579–590. (voir pages 29, 120, 122, 168, 169, 172, and 196)
- Raz, N., Lindenberger, U., Rodrigue, K. M., Kennedy, K. M., Head, D., Williamson, A., Dahle, C., Gerstorf, D. et Acker, J. D. (2005). Regional brain changes in aging healthy adults : general trends, individual differences and modifiers. *Cerebral cortex*, 15(11):1676–1689. (voir page 5)

BIBLIOGRAPHIE

- Reijnders, J., van Heugten, C. et van Boxtel, M. (2013). Cognitive interventions in healthy older adults and people with mild cognitive impairment : a systematic review. *Ageing research reviews*, 12(1):263–275. (voir page 186)
- Riche, Y. et Mackay, W. (2009). PeerCare : Supporting Awareness of Rhythms and Routines for Better Aging in Place. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 19(1):73–104. (voir page 122)
- Riediger, M., Li, S.-C. et Lindenberger, U. (2006). Selection, optimization, and compensation as developmental mechanisms of adaptive resource allocation : Review and preview. *Handbook of the psychology of aging*, 6:289–313. (voir pages 9 and 80)
- Robert, P., König, A., Amieva, H., Andrieu, S., Bremond, F., Bullock, R., Ceccaldi, M., Dubois, B., Gauthier, S., Kenigsberg, P.-A. et al. (2014). Recommendations for the use of serious games in people with alzheimer’s disease, related disorders and frailty. *Frontiers in aging neuroscience*, 6:54. (voir page 20)
- Roca, J. C. et Gagné, M. (2008). Understanding e-learning continuance intention in the workplace : A self-determination theory perspective. *Computers in Human Behavior*, 24(4):1585–1604. (voir pages 56, 57, 143, and 146)
- Rogers, W. A. et Fisk, A. D. (2010). Toward a Psychological Science of Advanced Technology Design for Older Adults. *Journal of Gerontology : Psychological Sciences*, 65B(6):645–653. (voir pages 46, 52, 53, 143, 192, and 202)
- Rowan, J. et Mynatt, E. D. (2005). Digital family portrait field trial : Support for aging in place. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 521–530. ACM. (voir pages 31, 32, 36, 122, and 171)
- Rowe, M., Lane, S. et Phipps, C. (2007). Carewatch : a home monitoring system for use in homes of persons with cognitive impairment. *Topics in geriatric rehabilitation*, 23(1):3. (voir pages 32 and 39)
- Russ, L. S. (2006). *The effect of home monitoring technology on reducing burden in caregivers of older adults with disabilities*. ProQuest. (voir pages 171, 173, and 185)
- Ryan, R. (2009). Self determination theory and well being. *Social Psychology*, 84:822–848. (voir page 146)
- Ryan, R. M. et Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1):68. (voir pages 19, 146, and 147)
- Sadri, F. (2011). Ambient intelligence : A survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 43(4):36. (voir pages 29 and 169)

- Salthouse, T. (2012). Consequences of age-related cognitive declines. *Annual Review of Psychology*, 63:201–226. (voir pages 7, 107, and 194)
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological review*, 103(3):403. (voir page 9)
- Samuel, D., Rowe, P., Hood, V. et Nicol, A. (2012). The relationships between muscle strength, biomechanical functional moments and health-related quality of life in non-elite older adults. *Age and ageing*, 41(2):224–230. (voir pages 18, 80, and 88)
- Santos-Eggimann, B., Zobel, F. et Béro, A. C. (1999). Functional status of elderly home care users : do subjects, informal and professional caregivers agree ? *Journal of clinical epidemiology*, 52(3):181–186. (voir page 75)
- Sauzéon, H., Rodrigues, J., Corsini, M.-M. et N’Kaoua, B. (2013). Age-related differences according to the associative deficit and the environmental support hypotheses : An application of the formal charm associative memory model. *Experimental aging research*, 39(3):275–304. (voir page 47)
- Savolainen, L., Hanson, E., Magnusson, L. et Gustavsson, T. (2008). An internet-based videoconferencing system for supporting frail elderly people and their carers. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 14(2):79–82. (voir page 171)
- Scherder, E., Dekker, W. et Eggermont, L. (2008). Higher-level hand motor function in aging and (preclinical) dementia : its relationship with (instrumental) activities of daily life—a mini-review. *Gerontology*, 54(6):333–341. (voir page 80)
- Scherer, M. J. (2012). *Assistive technologies and other supports for people with brain impairment*. Springer Publishing Company. (voir pages 44, 120, 121, 140, 145, and 172)
- Schieber, F. (2006). Vision and aging. *Handbook of the Psychology of Aging*, 6:129–161. (voir page 6)
- Schmitter-Edgecombe, M., Parsey, C. et Cook, D. J. (2011). Cognitive correlates of functional performance in older adults : Comparison of self-report, direct observation, and performance-based measures. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 17(05):853–864. (voir pages 15, 17, and 18)
- Schoevaerds, D., Bietlot, S., Malhomme, B., Rézette, C., GILLET, J.-B., Vanpee, D., Cornette, P. et Swine, C. (2004). Identification précoce du profil gériatrique en salle d’urgences : présentation de la grille sega. *La Revue de gériatrie*, 29(3):169–178. (voir page 197)
- Seelye, A. M., Schmitter-Edgecombe, M., Cook, D. J. et Crandall, A. (2013). Naturalistic assessment of everyday activities and prompting technologies in mild cognitive impairment. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 19(04):442–452. (voir page 104)

BIBLIOGRAPHIE

- Seidel, D., Brayne, C. et Jagger, C. (2011). Limitations in physical functioning among older people as a predictor of subsequent disability in instrumental activities of daily living. *Age and ageing*, page afr054. (voir pages 18, 80, 88, and 190)
- Seltzer, B., Vasterling, J. J. et Buswell, A. (1995). Awareness of deficit in alzheimer's disease : Association with psychiatric symptoms and other disease variables. *Journal of Clinical Geropsychology*. (voir page 15)
- Sengers, P. et Gaver, B. (2006). Staying open to interpretation : engaging multiple meanings in design and evaluation. *In Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems*, pages 99–108. ACM. (voir page 144)
- Sevilla, J., Herrera, G., Martínez, B. et Alcantud, F. (2007). Web accessibility for individuals with cognitive deficits : A comparative study between an existing commercial web and its cognitively accessible equivalent. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 14(3):12. (voir page 194)
- Sheldon, K. M. et Niemiec, C. P. (2006). It's not just the amount that counts : balanced need satisfaction also affects well-being. *Journal of personality and social psychology*, 91(2):331. (voir page 146)
- Shim, N., Baecker, R., Birnholtz, J. et Moffatt, K. (2010). TableTalk poker : An online social gaming environment for seniors. *In Proceedings of the International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology*, Futureplay '10, pages 98–104. ACM. (voir pages 33, 34, 41, 91, and 171)
- Sixsmith, J., Sixsmith, A., Fänge, A. M., Naumann, D., Kucsera, C., Tomsone, S., Haak, M., Dahlin-Ivanoff, S. et Woolrych, R. (2014). Healthy ageing and home : The perspectives of very old people in five european countries. *Social Science & Medicine*, 106:1–9. (voir page 168)
- Sleimen-Malkoun, R., Temprado, J.-J. et Hong, S. L. (2014). Aging induced loss of complexity and dedifferentiation : consequences for coordination dynamics within and between brain, muscular and behavioral levels. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6:140. (voir page 6)
- Smith, G. C., Egbert, N., Dellman-Jenkins, M., Nanna, K. et Palmieri, P. A. (2012). Reducing depression in stroke survivors and their informal caregivers : a randomized clinical trial of a web-based intervention. *Rehabilitation psychology*, 57(3):196. (voir page 172)
- Smith, T. L. et Toseland, R. W. (2006). The effectiveness of a telephone support program for caregivers of frail older adults. *The Gerontologist*, 46(5):620–629. (voir page 173)
- Span, M., Hettinga, M., Vernooij-Dassen, M., Eefsting, J. et Smits, C. (2013). Involving people with dementia in the development of supportive it applications : A systematic review. *Ageing research reviews*, 12(2):535–551. (voir page 51)

- Spitznagel, M. B. et Tremont, G. (2005). Cognitive reserve and anosognosia in questionable and mild dementia. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 20(4):505–515. (voir page 16)
- Spitznagel, M. B., Tremont, G., Brown, L. B. et Gunstad, J. (2006). Cognitive reserve and the relationship between depressive symptoms and awareness of deficits in dementia. *The Journal of neuropsychiatry and clinical neurosciences*, 18(2):186–190. (voir page 16)
- Stanislaw, H. et Todorov, N. (1999). Calculation of signal detection theory measures. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 31(1):137–149. (voir page 114)
- Staub, B., Doignon-Camus, N., Després, O. et Bonnefond, A. (2013). Sustained attention in the elderly : What do we know and what does it tell us about cognitive aging ? *Ageing research reviews*, 12(2):459–468. (voir page 7)
- Stawarz, K., Cox, A. L. et Blandford, A. (2014). Don't forget your pill ! : designing effective medication reminder apps that support users' daily routines. In *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pages 2269–2278. ACM. (voir page 151)
- Stebbins, G. T., Carrillo, M. C., Dorfman, J., Dirksen, C., Desmond, J. E., Turner, D. A., Bennett, D. A., Wilson, R. S., Glover, G. et Gabrieli, J. D. (2002). Aging effects on memory encoding in the frontal lobes. *Psychology and aging*, 17(1):44. (voir page 6)
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve ? theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 8(03):448–460. (voir page 10)
- Stern, Y. (2012). Cognitive reserve in ageing and alzheimer's disease. *The Lancet Neurology*, 11(11):1006–1012. (voir pages 10 and 89)
- Stock, S. E., Davies, D. K., Secor, R. R. et Wehmeyer, M. L. (2003). Self-directed career preference selection for individuals with intellectual disabilities : Using computer technology to enhance self-determination. *Journal of Vocational Rehabilitation*, 19(2):95–103. (voir page 63)
- Stock, S. E., Davies, D. K., Wehmeyer, M. L. et Lachapelle, Y. (2011). Emerging new practices in technology to support independent community access for people with intellectual and cognitive disabilities. *NeuroRehabilitation*, 28(3):261–269. (voir page 146)
- Suchy, Y., Kraybill, M. L. et Franchow, E. (2011). Instrumental activities of daily living among community-dwelling older adults : discrepancies between self-report and performance are mediated by cognitive reserve. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 33(1):92–100. (voir pages 10 and 16)

BIBLIOGRAPHIE

- Sullivan, M. T. *et al.* (2002). Caregiver strain index (csi). *Journal of gerontological nursing*, 28(8):4–5. (voir pages 16 and 171)
- Szymkowiak, A., Morrison, K., Shah, P., Gregor, P., Evans, J., Newell, A. et Wilson, B. (2004). Memojog - an interactive memory aid with remote communication. (voir page 36)
- Taillade, M., Sauzéon, H., Pala, P. A., Déjos, M., Larrue, F., Gross, C. et N’Kaoua, B. (2013). Age-related wayfinding differences in real large-scale environments : detrimental motor control effects during spatial learning are mediated by executive decline ? *PloS one*, 8(7): e67193. (voir pages 80 and 190)
- Tang, L., Zhou, X., Yu, Z., Liang, Y., Zhang, D. et Ni, H. (2011). Mhs : a multimedia system for improving medication adherence in elderly care. *IEEE Systems Journal*, 5(4):506–517. (voir page 172)
- Thomas, P., Robichaud, A. et Hazif-Thomas, C. (2011). Autodétermination et vieillissement : principes pour une bientraitance. *La Revue francophone de gériatrie et de gérontologie*, 18(179):438–444. (voir page 143)
- Tomita, M. R., M., B. J. N., Russ, L. S. et Sridhar, R. (2010). *Smart home with healthcare technologies for community-dwelling older adults*. INTECH Open Access Publisher. (voir pages 35 and 172)
- Tomita, M. R., Mann, W. C., Stanton, K., Tomita, A. D. et Sundar, V. (2007). Use of currently available smart home technology by frail elders : process and outcomes. *Topics in geriatric rehabilitation*, 23(1):24–34. (voir pages 35, 38, 172, 173, 183, and 193)
- Topo, P. (2009). Technology studies to meet the needs of people with dementia and their caregivers a literature review. *Journal of applied Gerontology*, 28(1):5–37. (voir page 173)
- Truzzi, A., Valente, L., Ulstein, I., Engelhardt, E., Laks, J. et Engedal, K. (2012). Burnout in familial caregivers of patients with dementia. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, 34(4):405–412. (voir pages 17 and 171)
- Tsai, J. L., Levenson, R. W. et Carstensen, L. L. (2000). Autonomic, subjective, and expressive responses to emotional films in older and younger chinese americans and european americans. *Psychology and aging*, 15(4):684. (voir page 7)
- Tucker-Drob, E. M. et Salthouse, T. A. (2008). Adult age trends in the relations among cognitive abilities. *Psychology and aging*, 23(2):453. (voir page 8)
- Tulving, E. (2002). Episodic memory : From mind to brain. *Annual review of psychology*, 53(1):1–25. (voir page 8)

- Tuokko, H., Morris, C. et Ebert, P. (2005). Mild cognitive impairment and everyday functioning in older adults. *Neurocase*, 11(1):40–47. (voir page 17)
- Van den Bossche, A., Campo, E., Duchier, J., Bougeois, E., Machado, M. B., Val, T., Vella, F. et Vigouroux, N. (2016). Multidimensional observation methodology for the elderly in an ambient digital environment. *In International Conference on Computers Helping People with Special Needs*, pages 285–292. Springer. (voir page 38)
- van Hoof, J., Kort, H. S. M., Rutten, P. G. S. et Duijnste, M. S. H. (2011). Ageing-in-place with the use of ambient intelligence technology : Perspectives of older users. *International Journal of Medical Informatics*, 80(5):310–331. (voir pages 91 and 171)
- Vastenburg, M. H., Keyson, D. V. et De Ridder, H. (2008). Considerate home notification systems : a field study of acceptability of notifications in the home. *Personal and Ubiquitous Computing*, 12(8):555–566. (voir page 124)
- Vastenburg, M. H., Keyson, D. V. et De Ridder, H. (2009). Considerate home notification systems : A user study of acceptability of notifications in a living-room laboratory. *International Journal of Human-Computer Studies*, 67(9):814–826. (voir pages 122, 125, and 140)
- Vaughan, L. et Giovanello, K. (2010). Executive function in daily life : Age-related influences of executive processes on instrumental activities of daily living. *Psychology and aging*, 25(2):343. (voir pages 17 and 89)
- Vellas, B., Guigoz, Y., Garry, P. J., Nourhashemi, F., Bennahum, D., Lauque, S. et Albarede, J.-L. (1999). The mini nutritional assessment (mna) and its use in grading the nutritional state of elderly patients. *Nutrition*, 15(2):116–122. (voir page 82)
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use : Integrating perceived behavioral control, computer anxiety and enjoyment into the technology acceptance model. *Information Systems Research*, 11(4):342–365. (voir page 57)
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B. et Davis, F. D. (2003). User acceptance of information technology : Toward a unified view. *MIS quarterly*, pages 425–478. (voir pages 55, 56, 64, 134, and 156)
- Vincent, C., Reinharz, D., Deaudelin, I., Garceau, M. et Talbot, L. R. (2006). Public telesurveillance service for frail elderly living at home, outcomes and cost evolution : a quasi experimental design with two follow-ups. *Health and quality of life outcomes*, 4(1):1. (voir pages 173, 183, and 185)
- Vines, J., Pritchard, G., Wright, P., Olivier, P. et Brittain, K. (2015). An age-old problem : Examining the discourses of ageing in hci and strategies for future research. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 22(1):2. (voir pages 8, 51, and 144)

BIBLIOGRAPHIE

- Vredenburg, K., Mao, J.-Y., Smith, P. W. et Carey, T. (2002). A survey of user-centered design practice. *In Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 471–478. ACM. (voir pages 50, 145, and 184)
- Wahl, H.-W., Heyl, V., Drapaniotis, P. M., Hörmann, K., Jonas, J. B., Plinkert, P. K. et Rohrschneider, K. (2013). Severe vision and hearing impairment and successful aging : A multidimensional view. *The Gerontologist*, 53(6):950–962. (voir page 18)
- Wahl, H.-W., Tesch-Romer, C., Charness, N., Park, D. et Sabel, B. (2001). Aging, sensory loss, and social functioning. *Communication, technology and aging : Opportunities and challenges for the future*, pages 108–126. (voir pages 6 and 18)
- Wallhagen, M. I. (2010). The stigma of hearing loss. *The Gerontologist*, 50(1):66–75. (voir pages 6 and 18)
- Ware Jr, J. E. et Sherbourne, C. D. (1992). The mos 36-item short-form health survey (sf-36) : I. conceptual framework and item selection. *Medical care*, pages 473–483. (voir pages 12, 79, 84, 154, and 175)
- Warnock, D., McGee-Lennon, M. et Brewster, S. (2011). The role of modality in notification performance. *In IFIP Conference on Human-Computer Interaction*, pages 572–588. (voir page 122)
- Warnock, D., McGee-Lennon, M. et Brewster, S. (2013). Multiple notification modalities and older users. *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 1091–1094. ACM. (voir pages 122 and 126)
- Wehmeyer, M., Lachapelle, Y., Boisvert, D., Leclerc, D. et Morrissette, R. (2001). L'échelle d'autodétermination version pour adultes. *Laboratoire de Recherche Interdépartemental en Déficience Intellectuelle (LARIDI), Université du Québec à Trois-Rivières. Trois-Rivières*. (voir page 147)
- Wehmeyer, M. L. (1995). The arc's self-determination scale : Procedural guidelines. (voir pages 19 and 146)
- Wehmeyer, M. L. (2005). Self-determination and individuals with severe disabilities : Re-examining meanings and misinterpretations. *Research and Practice for Persons with Severe Disabilities*, 30(3):113–120. (voir pages 146 and 147)
- Wehmeyer, M. L. et Schalock, R. L. (2001). Self-determination and quality of life : Implications for special education services and supports. *Focus on exceptional Children*, 33(8). (voir page 20)

- Wehmeyer, Michael L ; Bolding, N. (1999). Self-determination accross living and working environments : a matched-samples study of adults with mental retardation. *Mental Retardation*, 37:353–63. (voir page 154)
- Weiner, B., Heckhausen, H. et Meyer, W.-U. (1972). Causal ascriptions and achievement behavior : a conceptual analysis of effort and reanalysis of locus of control. *Journal of personality and social psychology*, 21(2):239. (voir page 147)
- West, R. L. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological bulletin*, 120(2):272. (voir page 8)
- Wetherell, J. L., Reynolds, C. A., Gatz, M. et Pedersen, N. L. (2002). Anxiety, cognitive performance, and cognitive decline in normal aging. *The Journals of Gerontology Series B : Psychological Sciences and Social Sciences*, 57(3):P246–P255. (voir pages 131, 140, and 153)
- Whiteneck, G. G. (1992). *Craig handicap assessment and reporting technique*. Aspen publishers. (voir pages 35 and 173)
- WHO (1998). The world health organization quality of life assessment (whoqol) : development and general psychometric properties. *Social science & medicine*, 46(12):1569–1585. (voir page 12)
- Wiley, J., Sung, J.-Y. et Abowd, G. (2006). The Message Center : Enhancing Elder Communication. In *CHI 2006*, pages 1523–1528, Montreal, Canada. (voir pages 91, 122, and 171)
- Willis, S. et Marsiske, M. (1993). Manual for the everyday problems test. *University Park : Pennsylvania State University*, pages 1–31. (voir page 13)
- Willis, S. L., Tennstedt, S. L., Marsiske, M., Ball, K., Elias, J., Koepke, K. M., Morris, J. N., Rebok, G. W., Unverzagt, F. W., Stoddard, A. M. et al. (2006). Long-term effects of cognitive training on everyday functional outcomes in older adults. *Jama*, 296(23):2805–2814. (voir pages 193 and 195)
- Wilz, G., Schinköthe, D. et Soellner, R. (2011). Goal attainment and treatment compliance in a cognitive-behavioral telephone intervention for family caregivers of persons with dementia. *GeroPsych : The Journal of Gerontopsychology and Geriatric Psychiatry*, 24(3):115. (voir page 171)
- Winter, L. et Gitlin, L. N. (2007). Evaluation of a telephone-based support group intervention for female caregivers of community-dwelling individuals with dementia. *American journal of Alzheimer's disease and other dementias*, 21(6):391–397. (voir page 173)
- Wobbrock, J. O., Kane, S. K., Gajos, K. Z., Harada, S. et Froehlich, J. (2011). Ability-based design : Concept, principles and examples. *ACM Transactions on Accessible Computing (TACCESS)*, 3(3):9. (voir page 144)

BIBLIOGRAPHIE

- Wu, G. et Xue, S. (2008). Portable preimpact fall detector with inertial sensors. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 16(2):178–183. (voir page 32)
- Yusif, S., Soar, J. et Hafeez-Baig, A. (2016). Older people, assistive technologies, and the barriers to adoption : A systematic review. *International journal of medical informatics*, 94:112–116. (voir pages 62 and 64)
- Zagier, A. S. (2009). High-tech sensors help seniors live independently. *Current World News*, January, 23:2009. (voir page 172)
- Zarit, S. H., Reever, K. E. et Bach-Peterson, J. (1980). Relatives of the impaired elderly : correlates of feelings of burden. *The gerontologist*, 20(6):649–655. (voir pages 16, 171, and 184)
- Zimmerman, S., Williams, C. S., Reed, P. S., Boustani, M., Preisser, J. S., Heck, E. et Sloane, P. D. (2005). Attitudes, stress, and satisfaction of staff who care for residents with dementia. *The Gerontologist*, 45(suppl 1):96–105. (voir page 185)